



Vlaanderen
is wetenschap

Programmatische Aanpak Stikstof – Platform Passende Beoordeling

Onderzoek, Monitoring, Methodologie-ontwikkeling en
Data-ontsluiting door het Instituut voor Natuur- en
Bosonderzoek (PAS-PPB periode 2015-2019)

Maurice Hoffmann & Gerald Louette

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Maurice Hoffmann & Gerald Louette (red.)
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Vormgeving tekst:

Davy Verspeet

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteits-beleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

INBO Herman Teirlinckgebouw
Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel
www.inbo.be

e-mail:

maurice.hoffmann@inbo.be

Wijze van citeren:

Hoffmann M. & Louette G. (red.) (2020). Programmatische Aanpak Stikstof – Platform Passende Beoordeling: Onderzoek, Monitoring, Methodologie-ontwikkeling en Data-ontsluiting door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (PAS-PPB periode 2015-2019). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (11). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
DOI: doi.org/10.21436/inbor.17064069

D/2020/3241/069

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (11)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Foto cover:

Vilda/Yves Adams

PROGRAMMATISCHE AANPAK STIKSTOF –
PLATFORM PASSENDE BEOORDELING

**Onderzoek, Monitoring, Methodologie-ontwikkeling
en Data-ontsluiting door het Instituut voor Natuur-
en Bosonderzoek (PAS-PPB periode 2015-2019)**

Maurice Hoffmann & Gerald Louette (red.)

doi.org/10.21436/inbor.17064069

Dankwoord

We danken in de eerste plaats alle INBO collega's die op één of andere manier hebben bijgedragen tot de realisatie van de verschillende onderdelen van het PAS-PPB programma. Het is voor het INBO een enorme inspanning geweest, die het in 2014 juist opgestarte strategisch onderzoek heeft doen stagneren. Desalinettemin heeft iedereen met overtuiging bijgedragen tot deze opdracht. Zonder de grote inzet van elk van hen was dit veelomvattende rapport nooit mogelijk geweest, en al zeker niet de zeer uitgebreide lijst van outputs die voor elk van de onderdelen werd gerealiseerd. Dankzij hen heeft het INBO een waardevolle wetenschappelijke meerwaarde kunnen bieden voor de ondersteuning van het PAS-PPB.

We zijn Minister Joke Schauvliege, Vlaams minister van Omgeving, Natuur en Landbouw in de Vlaamse politieke legislatuur 2014-2019, haar Kabinet en het Agentschap voor Natuur en Bos erkentelijk voor hun vraag naar wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning. We danken ook Natuurinvest en het EV INBO voor de aanvullende financiële steun voor het uitgebreide onderzoeks- en monitoringprogramma.

Samenvatting

Het INBO heeft een vijfjarenprogramma (2015-2019) opgezet waarmee het beleid ondersteund wordt met wetenschappelijk advies en onderzoek om de instandhoudingsdoelstellingen (IHD) en de bijhorende programmatische aanpak stikstof (PAS) te realiseren. Het programma werd ingedeeld in meerdere clusters: dienstverlening, onderzoek, monitoring, methodologie-ontwikkeling en data-ontsluiting. Dienstverlening omvatte advisering en deelname aan stuur- en werkgroepen. Onderzoek betrof specifieke kennislacunes die werden aangesneden. Monitoring hield enerzijds in dat projectgebonden ecologische data werden verzameld, maar anderzijds ook het construeren van efficiënte en effectieve monitoringmeetnetten nodig voor de accurate opvolging van PAS-gerelateerde milieuv variabelen met een potentiële impact op instandhoudingsdoelstellingen. Bij data-ontsluiting werden inspanningen geleverd om de ecologische kennis die aanwezig is op het INBO en deels ook daarbuiten zo klantvriendelijk mogelijk aan te bieden aan gebruikers. Een overzicht van het grootste deel van alle rapporten en andere publicaties die door het INBO in het kader van PAS-PPB werden gepubliceerd is steeds terug te vinden in de outputlijst aan het eind van elk hoofdstuk.

Dit rapport geeft een totaaloverzicht van de activiteiten van het INBO in het kader van het haar in 2015 opgedragen PAS-PPB programma en dit tot eind 2019. Het vat enkele resultaten samen, maar voor details wordt steeds verwezen naar de respectievelijke producten. Dit kan gaan over rapporten, adviezen, databanken, publicaties in wetenschappelijke tijdschriften tot en met mastertheses die tot stand kwamen in samenwerking met Vlaamse universiteiten. Voor de gedetailleerde onderzoeksresultaten verwijzen we dan ook graag naar de gerefereerde werken. Deze zijn in de meeste gevallen onmiddellijk beschikbaar en downloadbaar op de INBO-website www.inbo.be.

Inhoudstafel

1	Inleiding PAS-PPB	6
1.1	Historiek	6
1.2	Engagement INBO	6
1.3	Inhoud rapport	6
1.4	Toekomst	7
2	Wetenschappelijke ondersteuning bij de opmaak van gebiedsvisies per SBZ i.v.m. herstelmaatregelen per habitatvlek	8
2.1	Doelstelling	8
2.2	Resultaten	8
2.3	Suggesties naar toekomst/beleid	10
2.4	Output	11
3	Onderzoek van de effectiviteit van herstelmaatregelen op natuurkwaliteit	16
3.1	Doelstelling	16
3.2	Resultaten	16
3.3	Suggesties naar toekomst/beleid	29
3.4	Output	31
3.5	Referenties	33
4	HabNorm – Milieukwaliteitsnormen voor Europees beschermde habitattypen	34
4.1	Doelstelling	34
4.2	Resultaten	34
4.3	Suggesties naar toekomst/beleid	42
4.4	Output	43
5	Onderzoek naar mogelijke efficiëntie- en nauwkeurigheidswinst in habitatkartering en LSVI-bepaling via remote sensing	47
5.1	Doelstelling	47
5.2	Resultaten	47
5.3	Suggesties naar toekomst/beleid	57
5.4	Sterkte-Zwakte analyse	58
5.5	Output	59
5.6	Referenties	59
6	Verfijning leefgebiedenbenadering in het kader van Passende Beoordeling	61
6.1	Doelstelling	61
6.2	Resultaten	61
6.3	Suggesties naar toekomst/beleid	62
6.4	Output	64
6.5	Referenties	65

Maurice Hoffmann & Gerald Louette

De Vlaamse Regering heeft in uitvoering van de Vogel- en Habitatrichtlijn op 23 april 2014, na een uitvoerig afwegings-, overleg- en beslissingsproces, een reeks speciale beschermingszones (SBZ's) definitief aangewezen, en er de instandhoudingsdoelstellingen (IHD) en prioriteiten voor vastgesteld. Tevens besliste zij toen een programmatische aanpak stikstof (PAS) te ontwikkelen. De PAS heeft als doel de stikstofdepositie op de SBZ's planmatig terug te dringen, waarbij (nieuwe) economische ontwikkelingen mogelijk moeten blijven, zonder dat de vooropgestelde IHD bedreigd of onhaalbaar zouden worden of blijven, waartoe het niveau van de stikstofdepositie op SBZ stelselmatig en gericht moet dalen. Op die wijze wenst Vlaanderen het realiseren van de Europese natuurdoelstellingen in evenwicht te brengen met de mogelijkheden tot verdere economische ontwikkelingen. Een meer diepgaande toelichting van de IHD en de PAS is te vinden in het door ANB beheerde internetportaal <https://www.natura2000.vlaanderen.be/pas>.

Het INBO heeft een vijfjarenprogramma (2015-2019) opgezet om het beleid bij te staan met wetenschappelijk advies en onderzoek om de IHD en de bijhorende PAS te realiseren. Het programma werd ingedeeld in meerdere clusters: dienstverlening, onderzoek, monitoring, methodologie-ontwikkeling en data-ontsluiting. Dienstverlening omvatte advisering en deelname aan stuur- en werkgroepen. Onderzoek betrof specifieke kennislacunes die werden aangesneden. Monitoring hield enerzijds in dat projectgebonden ecologische data werden verzameld, maar anderzijds ook het construeren van efficiënte en effectieve monitoringmeetnetten nodig voor de accurate opvolging van PAS-gerelateerde milieuv variabelen met een potentiële impact op instandhoudingsdoelstellingen. Bij data-ontsluiting werden inspanningen geleverd om de ecologische kennis die aanwezig is op het INBO zo klantvriendelijk mogelijk aan te bieden aan gebruikers. De totale personeelsinzet voor het PAS-PPB programma besloeg jaarlijks rond de 45 VTE. Een vijfde van deze inzet werd financieel gesteund door het ANB en het EV INBO.

In dit rapport wordt een samenvattend overzicht gegeven van de resultaten van het afgelopen PAS-PPB programma, met specifieke aandacht voor suggesties aan het beleid en een venster naar de toekomst. We structureren het rapport als volgt:

- *Wetenschappelijke ondersteuning bij de opmaak van gebiedsvisies per SBZ i.v.m. herstelmaatregelen per habitatvlek*
- *Onderzoek van de effectiviteit van herstelmaatregelen op natuurkwaliteit*
- *HabNorm – Milieukwaliteitsnormen voor Europees beschermde habitattypen*
- *Onderzoek naar mogelijke efficiëntie- en nauwkeurigheidswinst in habitatkartering en LSVI-bepaling via remote sensing*

Soorten

- *Verfijning leefgebiedenbenadering in het kader van Passende Beoordeling*
- *Monitoringstechnieken voor moeilijk op te volgen, waarneembare of te registreren soorten*
- *eDNA-gebaseerde monitoring; van futuristische ideeën naar een toepasbare methodiek*
- *Ontwikkelen en implementeren van contextafhankelijke populatiemodelleringsstechnieken*
- *Monitoringstechnieken populatieschattingen partim populatie-genetisch onderzoek*

Data

- *Ontwikkeling en implementatie meetnetten natuurlijk milieu*
- *Ondersteuning bij het ontsluiten van monitoringdata*
- *Inhaalslag habitatkaart, milieudata oppervlaktewater & grondwater, en ondersteuning uitwerking zoekzonemodel*

1.4 TOEKOMST

Het INBO blijft het beleid ondersteunen rond de implementatie van de IHD en de PAS. De vier clusters: dienstverlening, onderzoek, monitoring, en datalagen blijven daarbij aangehouden, maar worden opgenomen in het breder perspectief van de door INBO recent opgestelde position paper (Hoffmann et al. 2019) <https://www.inbo.be/nl/inbo-position-paper-2020-2024-onderzoek-voor-natuurbeleid-en-samenleving-nb-07-19>.

Meer concreet engageert het INBO zich ertoe om:

- Wetenschappelijk onderbouwd advies te voorzien;
- Methoden aan te reiken voor een efficiënte en kwalitatieve monitoring;
- Beoordelingskaders op te stellen rond de bepaling van de gunstige staat van instandhouding;
- Periodiek te rapporteren over de staat van instandhouding van habitats en soorten van de Habitatrichtlijn en vogels van de Vogelrichtlijn;
- Instrumenten (e.g. kaarten, toepassingen, voorspellingen) te ontwikkelen die een effectiever natuurbeleid mogelijk maken;
- Kwaliteitsvolle monitoringsgegevens blijvend en gebruiksvriendelijk te ontsluiten via bestaande internetportalen;
- Het INBO portaal rond IHD en PAS up-to-date houden zodat klanten geïnformeerd worden <https://www.inbo.be/nl/thema/beleid/natura-2000-en-natuurdoelen>

2 WETENSCHAPPELIJKE ONDERSTEUNING BIJ DE OPMAAK VAN GEBIEDSVISIES PER SBZ I.V.M. HERSTELMAATREGELEN PER HABITATVLEK

Desiré Paelinckx, Lon Lommaert, Luc De Keersmaecker, Kris Decleer & Piet De Becker

2.1 DOELSTELLING

De Vlaamse Regering heeft in uitvoering van de Habitatrichtlijn op 23 april 2014 de habitatrichtlijngebieden (SBZ-H) definitief aangewezen, en er de instandhoudingsdoelstellingen (IHD) en prioriteiten voor vastgesteld. Zij besliste toen ook een programmatische aanpak stikstof te ontwikkelen, met als doel de stikstofdepositie op de Speciale Beschermingszones (SBZ's) planmatig terug te dringen, waarbij (nieuwe) economische ontwikkelingen mogelijk moeten blijven, zonder dat de vooropgestelde instandhoudingsdoelstellingen bedreigd of onhaalbaar worden of blijven, waartoe het niveau van de stikstofdepositie op SBZ stelselmatig moet dalen. In de PAS worden verschillende sporen bewandeld (<https://www.natura2000.vlaanderen.be/pas>). PAS-herstelbeheer is slechts één van deze sporen.

Om de PAS in werking te laten treden heeft de Vlaamse Regering ook op 23 april 2014 beslist dat PAS-gebiedsanalyses m.b.t. het PAS-herstelbeheer moeten opgemaakt worden tegen begin 2018. De Vlaamse minister van Omgeving, Natuur en Landbouw heeft op 18 mei 2016 opdracht gegeven aan het INBO om deze PAS-gebiedsanalyses op te maken.

Het PAS-herstelbeheer is een onderdeel van de IHD-maatregelen en -beheer en wordt toegepast waar de actuele N-depositie de kritische depositiewaarde (KDW) van een habitatlocatie overschrijdt: is de KDW overschreden en betreft het een maatregel voorzien in de Algemene PAS-herstelstrategie voor dat habitattype (zie verder) dan betreft het PAS-herstelbeheer.

2.2 RESULTATEN

In de **Algemene PAS-herstelstrategie** (De Keersmaecker et. al. 2018) wordt beschreven welke maatregelen in aanmerking kunnen komen voor PAS-herstelbeheer. Het betreft niet alleen maatregelen die de lokale stikstofvoorraad in het systeem verkleinen (bv. plaggen), maar ook alle mogelijke maatregelen die ingrijpen op de complexe verstoringen die stikstofdepositie veroorzaakt. Alle maatregelen zijn wel remediërend t.a.v. een effect dat door N-depositie kan veroorzaakt worden. Zo bepaalt hydrologisch herstel in sterke mate de beschikbaarheid van nutriënten en de mate van verzuring. Andere PAS-herstelmaatregelen tegen de effecten van atmosferische stikstofdepositie hebben bij (grond)waterafhankelijke habitats onvoldoende effect als niet eerst de vereiste hydrologie wordt hersteld.

De Algemene PAS-herstelstrategie (De Keersmaeker et. al. 2018) bevat (1) een beschrijving van de PAS-herstelmaatregelen en de wijze waarop ze de stikstofdepositie en verzuring milderen, en (2) per habitattypen welke PAS-herstelmaatregelen in aanmerking komen en een globale prioritering daarvan; tevens wordt de effectiviteit van de maatregelen in de onderscheiden habitattypes aangegeven.

De rapporten met de PAS-gebiedsanalyses worden per Habitatrichtlijngebied (SBZ-H) opgemaakt (zie lijst onderstaande). Een SBZ-H wordt hierbij meestal opgedeeld in verschillende deelzones op basis van gerichte landschapsecologische analyse. Een deelzone is een vanuit landschapsecologisch oogpunt min of meer homogene zone. Vaak liggen ecohydrologische overwegingen aan de basis. Een deelzone kan een aantal officiële deelgebieden bundelen, maar kan ook een deelgebied opsplitsen. Normaal betreft het relatief grote zones, wat een belangrijke mate van abstractie tot gevolg heeft.

Ook andere landschapsecologische processen, inclusief waar relevant landschapshistorische aspecten worden eveneens in rekening gebracht. Dit geldt des te meer voor de niet (grond)waterafhankelijke habitattypen en gehele deelzones waar waterafhankelijke habitattypen ontbreken of schaars zijn.

In het PAS-herstelbeheer wordt onderscheid gemaakt tussen maatregelen die ingrijpen op de habitatlocaties zelf, dan wel op de (ruime) omgeving die de kwaliteit van de standplaats van de habitats bepaalt (landschapsniveau). Alle uitspraken gelden steeds voor het geheel van habitatvlekken (zelfs al worden die pas in de toekomst gerealiseerd) van het betreffende habitatype binnen elke SBZ-H deelzone. Voor een individuele actuele of toekomstige habitatvlek is het mogelijk dat de prioriteit anders moet gesteld worden wegens specifieke lokale omstandigheden. De PAS-gebiedsanalyse doet dus uitspraken op het niveau van de gehele deelzone, niet op het niveau van individuele habitatvlekken. Dat laatste detailniveau komt aan bod in het beheerplan.

2.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

De Algemene PAS-herstelstrategie, het rapport met de hydrologische analyses en de PAS-gebiedsanalyses per SBZ-H-deelzone zijn een essentiële informatiebron voor zowel het PAS-herstelbeheer als voor het ruimere IHD-beleid en -beheer. Dit geldt ook voor de natuur- en landschapsinrichting.

In het kader van de subsidiëring van inrichtings- en beheermaatregelen geven zij de sleutel tot het onderscheid tussen PAS-herstel en het ruimere IHD-herstel en -beheer. Daarbij is het belangrijk dat PAS-herstel meteen ook het gros van het noodzakelijke ecohydrologisch herstel omvat evenals andere maatregelen die de IHD van een deelzone en een SBZ-H rechtstreeks beïnvloeden.

In de vermelde rapporten wordt uitgegaan van een voor het gebied optimale toepassing van de PAS-herstelmaatregelen, rekening houdend met allerlei andere aspecten zoals impact op en doelen voor fauna. Wat die optimale toepassing van de maatregelen inhoudt is onderwerp van een beheerplan. De ecohydrologische studies en PAS-gebiedsanalyses zijn een prioritaire en onmisbare informatiebron voor de opmaak / bijstelling van beheerplannen. Bij implementatie van PAS-herstelmaatregelen in beheerplannen is het wel essentieel dat het voorgestelde PAS-herstelbeheer rekening houdt met aanwezige én voor dat SBZ-H aangewezen en/of tot doel gestelde soorten. PAS-herstel mag immers het IHD-beleid in het algemeen, en dat van soorten in het bijzonder, niet hypothekeren. En zelfs al zou dit wel nodig zijn, dan is dat best het gevolg van een weloverwogen, geargumenteerde beslissing.

Via de databank kunnen een ruime waaier aan (herstel)maatregelen geprioriteerd worden, bv. via overwegingen rond:

- maatregelen voor veel habitattypen noodzakelijk en/of voor veel SBZ-H (deelzones) belangrijk;
- voor een belangrijk oppervlakteaandeel van een habitatype noodzakelijk en derhalve prioritair om tot een regionaal gunstige toestand te kunnen komen;
- ...

De indeling van de SBZ-H in deelzones bundelt onderdelen van de SBZ-H met een gelijkaardig landschapsecologisch functioneren. Derhalve zijn ze een belangrijk aanvullend werkkader op de bestaande administratieve indeling in deelgebieden.

De rapporten met bijbehorende tabellen geven tevens, via de daarin vermelde kennislacunes, een basis voor verdere prioritering voor onderzoek en opbouw van instrumenten. Daarbij springen onder meer in het oog:

- uitvoer van ecohydrologische studies voor deelzones met minder of slecht gekende ecohydrologie, inclusief (verdere) uitbouw van gegevenssets over (grond)waterpeilen en/of -kwaliteit;
- gebiedsgerichte data over beheer zijn niet beschikbaar onder gebundelde vorm; ze zijn meestal en hooguit te achterhalen in voor de overheid toegankelijke beheerplannen en monitoringrapporten; deze slaan vaak enkel op een klein deel van een deelzone of SBZ, zodat daaruit niet altijd generieke conclusies kunnen getrokken worden.

2.4 OUTPUT

2.4.1 Rapporten

De rapporten zijn beschikbaar op deze webpagina: <https://www.inbo.be/nl/nieuws/pas-gebiedsanalyses-woorden-gepubliceerd>

Adriaens D., De Becker P., De Keersmaecker L. 2018. PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2400012 Valleien van de Winge en Motte met valleihellingen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (33). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Boone N., De Becker P. 2018. PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2400011 Valleien van de Dijle, Laan en IJse met aangrenzende bos- en moerasgebieden. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (34). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 110 blz.

De Beck L., Vanderkerkhove K. 2018. PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2300044 Bossen van het zuidoosten van de zandleemstreek. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (38). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 150 blz.

De Becker P. 2019. Ecohydrologische systeembeschrijvingen van natuurgebieden in Vlaanderen. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

De Bie E., Opdebeeck J., Jacobs I., De Becker P., Denys L., Packet J. en Lommaert L. 2018. PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2100026 - Vallei van de Kleine Nete met brongebieden, moerassen en heiden. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (15). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

De Blust G. 2018. PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2100015. Kalmthout. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (23). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Decler K., Vandekerckhove K. 2018. PAS-gebiedsanalyse in kader van herstelmaatregelen voor BE2300005 Bossen en heiden van Zandig Vlaanderen - oostelijk deel. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (56). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 199 blz.

Decler K., Vandekerckhove K. 2018. PAS-gebiedsanalyse in kader van herstelmaatregelen voor BE2500004 Bossen, heiden en valleigebieden van Zandig Vlaanderen - westelijk deel. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (55). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 239 blz.

De Keersmaecker L., Adriaens D., Anselin A., De Becker P., Belpaire C., De Blust G., Decler K., De Knijf G., Demolder H., Denys L., Devos K., Gyselings R., Leyssen A., Lommaert L., Maes D., Oosterlynck P., Packet J., Paelinckx D., Provoost S., Speybroeck J., Stienen E., Thomaes A., Vandekerckhove K., Van Den Berge K., Vanderhaeghe F., Van Landuyt W., Van Thuyne G., Van Uytvanck J., Vermeersch G., Wouters J., Hoffmann M. 2018. Herstelstrategieën tegen de effecten van atmosferische depositie van stikstof op Natura 2000 habitat in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (13). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

3 ONDERZOEK VAN DE EFFECTIVITEIT VAN HERSTELMAATREGELEN OP NATUURKWALITEIT

Jan Van Uytvanck, Luc De Keersmaecker, Kris Vandekerckhove, Geert De Blust, Sam Provoost, Bart Christiaens, Marijke Thoonen, Nathalie Cools, Cécile Herr & Floris Vanderhaeghe

3.1 DOELSTELLING

Van verschillende natuurbeheermaatregelen is bekend dat ze stikstof kunnen verwijderen uit, of vastleggen (i.e. onbeschikbaar maken voor planten) in een habitat. Onderzoek naar de effectiviteit en de inzetbaarheid van deze herstelmaatregelen kan voor een verbetering van de kwaliteit van door stikstof negatief beïnvloede N2K-habitattypen, regionaal belangrijke biotopen en hun kenmerkende soorten leiden. Voor een verhoging van de effectiviteit is een wetenschappelijke validiteit van de toepassing van bestaande beheer- en herstelmaatregelen nodig evenals een aanpassing aan situaties die specifiek zijn voor het Vlaams gewest.

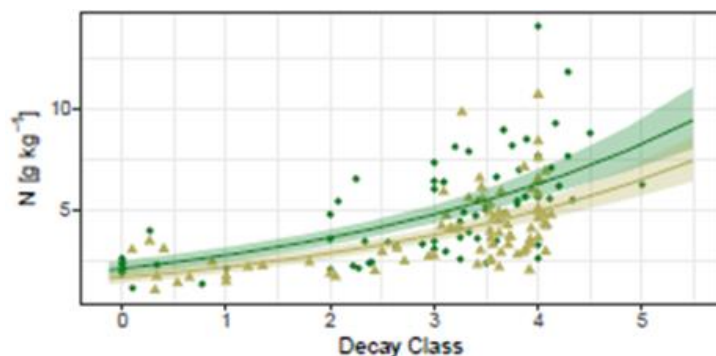
Daarnaast is de ontwikkeling van nieuwe beheer- en herstelmaatregelen nodig en moeten deze in de tijd opgevolgd worden om hun effecten op langere termijn te onderzoeken. Het geheel van onderzoeksresultaten moet leiden tot het bijstaan en adviseren van alle betrokkenen bij het natuurbeheer in Vlaanderen.

3.2 RESULTATEN

3.2.1 Dood hout in bossen

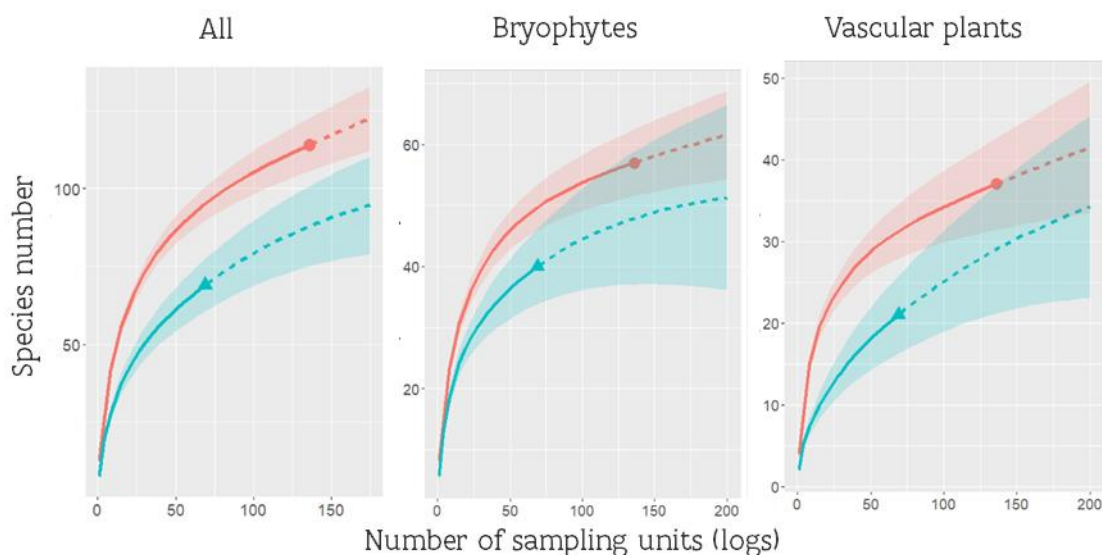
De zware dode beuken in het Joseph Zwaenepoelreservaat (Zoniënwoud) en het bosreservaat van Wijnendalebos, beide onbeheerde bossen sinds het midden van de jaren 1980, waren het onderwerp van twee mastertheses aan de UGent, die in de loop van 2018 zijn afgerond. De factoren die de diversiteit van korstmossen, mossen en vaatplanten op de omgevallen dode beuken verklaren, werden nader bekeken door Siska van Parys (promotor Maurice Hoffmann). Deze thesis was een aanvulling op de inventarisatie van mossen en korstmossen door Van Landuyt en De Beer (2016). Els Dhiedt (promotor Kris Verheyen) onderzocht het effect van verterend dood hout op de nutriëntenstatus van de bodem in beide bossen.

Beide thesissen bevestigen dat verterend zwaar dood hout van groot belang is voor beukenbossen en dat er een relatie is tussen de omvang van stikstofdeposities en de biodiversiteit op het dood hout en de functionele rol ervan in beide bossen. Uit metingen in de nabijgelegen, intensief onderzochte Level-II proefvlakken blijkt dat het bosreservaat van Wijnendalebos sinds begin jaren 1990 een veel hogere N-depositie heeft ontvangen dan het bosreservaat in het Zoniënwoud. Dit kan de systematisch hogere N-concentratie verklaren in het dood beukenhout van dit eerste bos. De verschillen in N-concentratie in het dood hout van beide bossen blijven bestaan in de loop van de vertering, d.w.z. van recent afgestorven tot sterk verteerd (zie Figuur 1). Dit is enigszins onverwacht en werd tot nu toe nog niet eerder beschreven. Het proces van afbraak van vers dood hout wordt aanvankelijk gehinderd door een hoge C/N verhouding. Bacteriën en fungi verhogen de N-concentratie om de afbraak mogelijk te maken, waardoor de C/N verhouding daalt bij toenemende vertering van dood hout. We hadden dus verwacht dat de C/N in het dood hout van beide bossen zou convergeren en dat er uiteindelijk weinig verschil zou zijn in de N-concentratie van sterk verteerd dood hout in Wijnendalebos en Zoniënwoud. Dit onderzoek weerlegt deze hypothese



Figuur 1 Evolutie van de stikstofconcentratie in verterend dood beukenhout in Wijnendalebos (groen) en Zoniënwoud (bruin), van recent afgestorven (decay class 0), tot zeer sterk verteerd (decay class 5). Uit: Dhiedt et al. 2019.

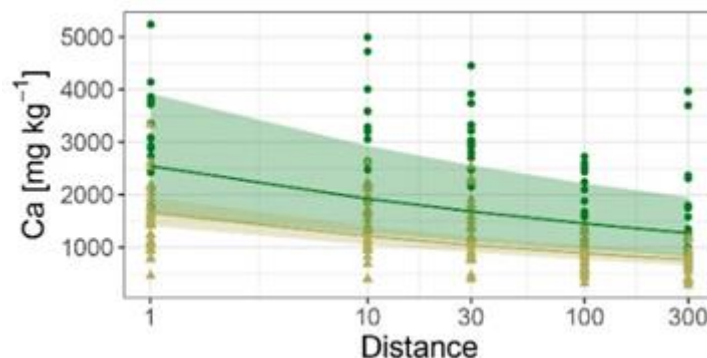
De diversiteit van mossen, korstmossen en vaatplanten op dood hout was hoger in het Zoniënwoud dan in Wijnendalebos (Van Parys 2018). De modellen die de diversiteit trachten te verklaren, wijzen uit dat de verschillen in chemische samenstelling van het dood hout in beide bossen - die ook het gevolg zijn van de uiteenlopende stikstofdepositie - wellicht een rol spelen. Minstens zo belangrijk zijn echter andere kenmerken, zoals de grootte en de isolatie van beide bossen, de reeds aanwezige soorten en het aanbod aan dood hout. Rarefaction curves toonden aan dat zowel in het Zoniënwoud als in Wijnendalebos de diversiteit van de epixyle vegetatie verder zal stijgen als het aanbod zwaar dood hout verder toeneemt. Een continu groot aanbod van dood hout, in uiteenlopende mate van vertering, is dus van groot belang voor gespecialiseerde epixyle soorten (Figuur 2).



Figuur 2 Cumulatief aantal soorten, in functie van het aantal onderzochte liggende dode beukenstammen (logs), in Zoniënwoud (rood) en Wijnendalebos (blauw). Links: alle soorten inclusief lichenen; midden: mossen; rechts: vaatplanten. Uit: Van Parys 2018.

Dhiedt (2018) onderzocht het effect van verterend dood hout op de bodemchemie van beide bossen. Daaruit bleek dat in de nabijheid van de verterende stammen, de bodem minder zuur is en meer essentiële mineralen (Ca, Mg, P) bevat dan op een afstand van 3 meter. Ook in dit

onderzoek werden verschillen gevonden tussen beide bossen, die terug te brengen zijn op de bodemkundige verschillen, verschillen in mate van verzuring en de verschillen in (historische) belasting met N door depositie. De conclusie luidt dat zwaar dood hout van belang is voor het behoud van mineralen in bossen die verzuurd zijn door N-depositie. Op plaatsen waar dood hout verteert, ontstaan lokaal 'eilanden' van minder zure, mineraalrijke bodem.



Figuur 3 Ca concentratie in de bodem, als functie van de afstand (distance, cm) tot verterend dood beukenhout in Wijnendalebos (groen) en Zoniënwoud (bruin). Uit: Dhiedt et al. 2019.

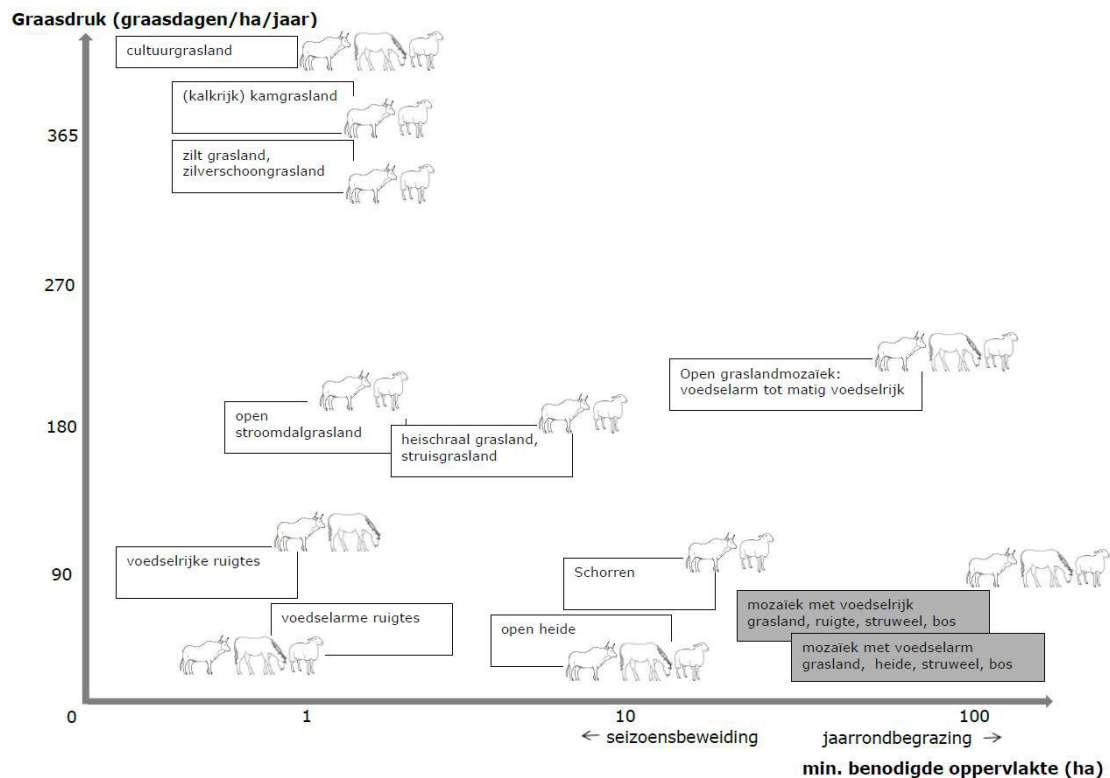
Deze conclusie bevestigt wat langs omgekeerde weg, via nutriëntenbalansen werd begroot (De Keersmaecker et al. 2016). In zure boshabitats kan houtoogst een verdere verarming veroorzaken en onevenwichten uitdiepen, omdat naar verhouding veel mineralen (Ca, Mg en P) worden geëxporteerd, en minder N. Deze mineralen zijn in bossen met een hoge N depositie net schaars geworden door verzuring.

Op korte termijn wordt nog geen vervolg voorzien op dit onderzoek. De staalname- en inventarisatiepunten (dode stammen en bodembemonstering) zijn echter onderdeel van de databank van de bosreservatenmonitoring en als zodanig nauwkeurig gepositioneerd. Een vervolg op dezelfde locaties, binnen enkele aantal jaren, is dus goed mogelijk.

3.2.2 Proces- en Landschapsbeheer

3.2.2.1 Literatuuronderzoek

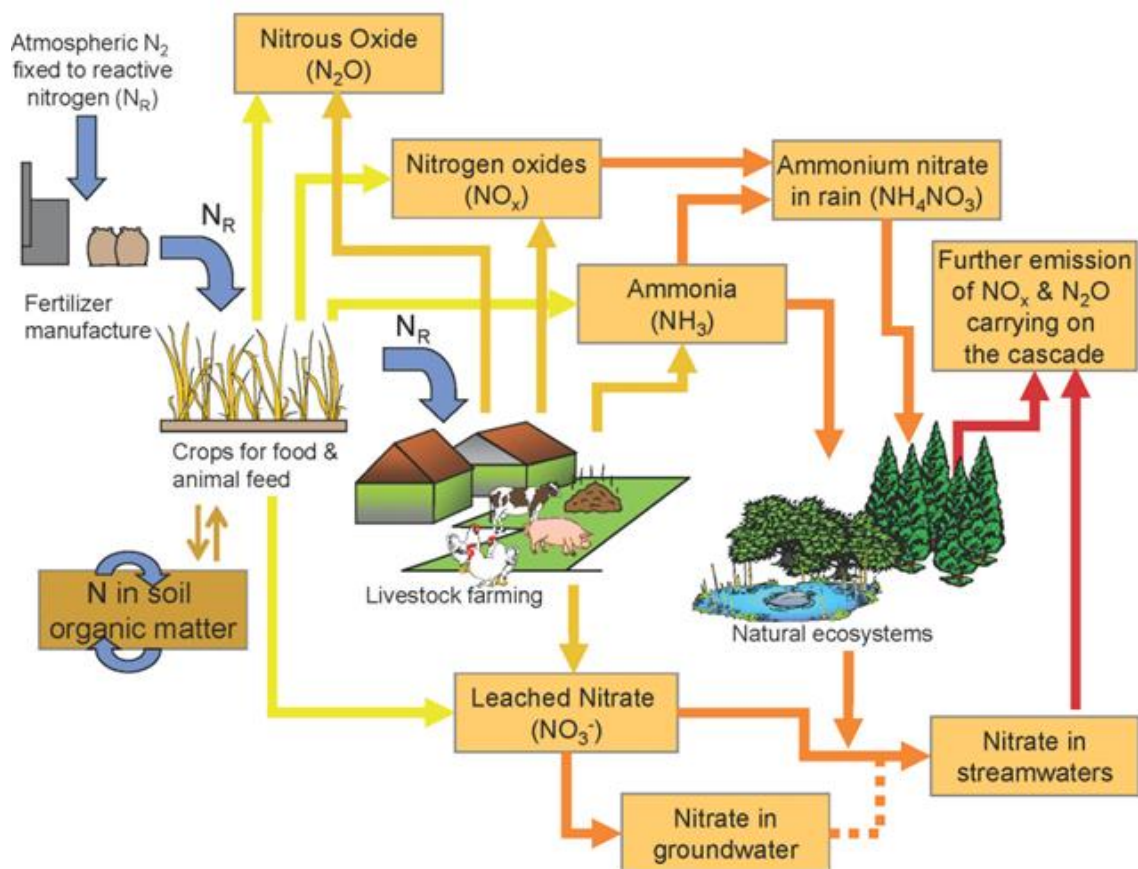
Ter voorbereiding van het procesonderzoek werd een literatuurstudie uitgevoerd die procesbeheer kadert in het Vlaamse Natuurbeheer en de voor Vlaanderen relevante natuurlijke processen, meer in het bijzonder begrazing. Begrazing kan ingezet worden voor zowel herstel- als instandhoudingsbeheer (Figuur 4). Herstelbeheer kan o.a. optreden door N-herverdeling in grotere mozaïekvegetaties en gerichte seizoensbegrazing.



Figuur 4 Richtinggevende graasdrukken en diersoorten die bij voorkeur kunnen gebruikt worden bij instandhoudingsbeheer van verschillende doeltypes.

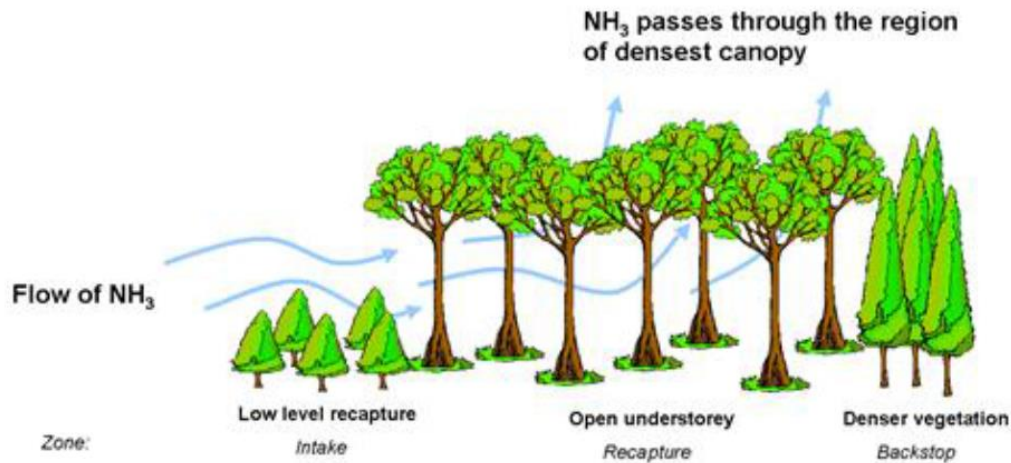
Daarnaast werd voorbereidend literatuuronderzoek gedaan naar PAS-maatregelen op landschapsniveau. Daarbij zijn zowel systeemanalyse (Figuur 5) als maatregelen op maat van specifieke situatie van belang.

Nitrogen flows and fate in rural landscapes



Figuur 5 Cascade van het element stikstof doorheen het ecosysteem (Cellier et al. 2011, after Sutton et al., in The European Nitrogen Assessment).

Er werd ook specifiek literatuuronderzoek gedaan naar de rol van groene landschapselementen voor ammoniakcaptatie. Binnen de land- en tuinbouwsector gaat immers ook aandacht naar ammoniakemissie-reducerende maatregelen, voornamelijk op het niveau van het veeteeltbedrijf. Ook maatregelen op het vlak van landschapsinrichting verdienen de aandacht omdat ze effectief en goedkoop zijn en een esthetische meerwaarde bieden. De voornaamste effecten van een vegetatiesingel bij een ammoniakuitstotende veestal bestaat uit het veranderen van de luchtstromingspatronen, wat snelheidsdemping en filtering induceert. Door het opstuwten van de lucht en het vermengen met schonere lucht wordt een verdunning van de emissie verkregen. De filterende werking is het gevolg van de gasuitwisseling tussen blad en atmosfeer. Dit kan verkregen worden door een aangepast design van de vegetatiegordel, die de luchtstroom door het bladerdek leidt voor optimaal contact (Figuur 6). Op plaatselijk niveau is een vegetatiegordel in staat om minstens 8 à 10 % van de emissie tegen te houden en/of op te nemen. Op landelijk niveau (onderzoek UK) ligt de reductie rond 2 %. Loofboomsoorten zijn te verkiezen om vegetatiegordels samen te stellen, want ze zijn toleranter ten opzichte van ammoniak in de lucht. Maar ook binnen deze groep is een grote variatie waar te nemen. Dit kan deels aan bladeigenschappen toegewezen worden. Vegetatiegordels rond landbouwbedrijven kunnen, naast het vermogen om de ammoniakuitstoot te beperken, nog andere ecosysteemdiensten aanreiken op het landbouwbedrijf, zoals schaduwverlening en mogelijkheden voor agroforestry en kortomloop hout.



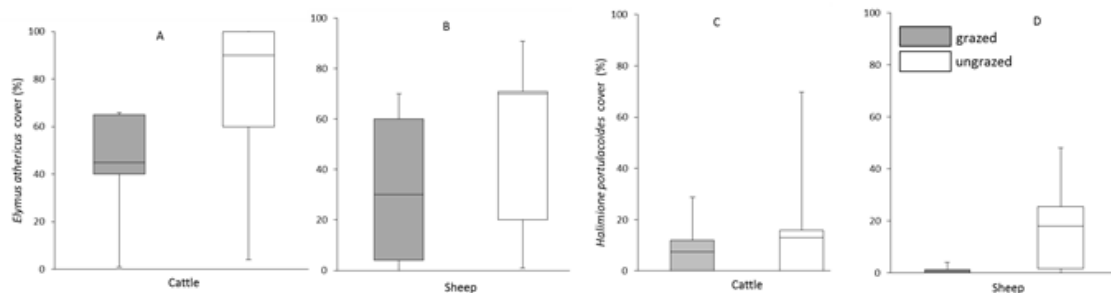
Figuur 6 Schematisch overzicht van de aanleg van een bomengordel met maximale ammoniumcaptatie.
Naar Theobald (2004).

3.2.2.2 Herstelbeheer in het Zwin

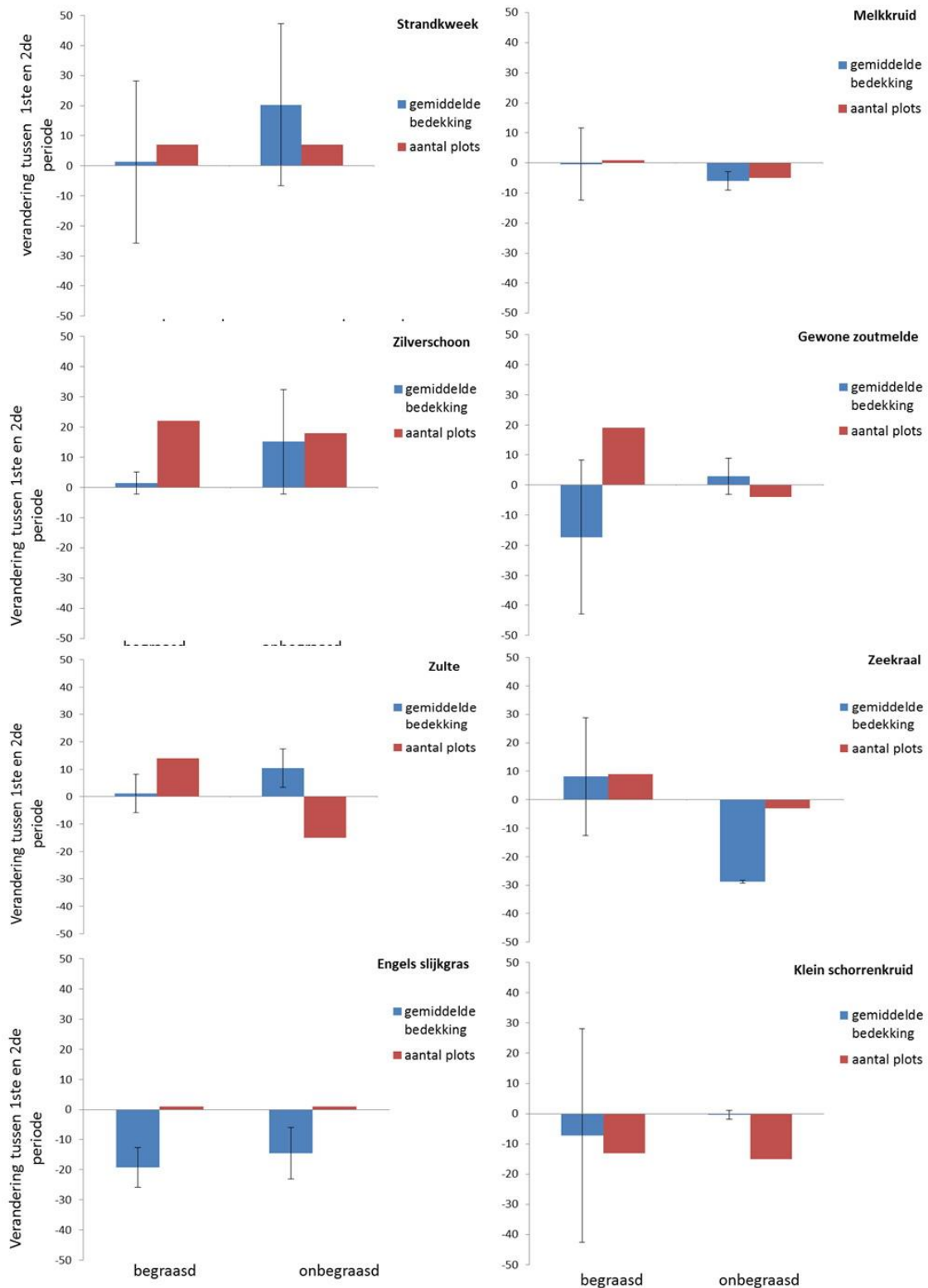
Voor procesbeheer (vnl. begrazing) in functie van herstelbeheer werden twee denkpijsten ontwikkeld, waarvoor het Zwin en de Zwinbosjes als modelgebieden werd gebruikt:

1. Draagt begrazing bij aan het herstel van door hoge kruiden en grassen gedomineerde vegetaties?
2. Hoe verdelen zich nutriënten in het terrein als gevolg van het selectieve graasgedrag van grote herbivoren en draagt dit bij tot herstel?

Voor de Zwinvlakte werd gericht onderzoek in gepaarde plots (begrast - onbegrast) gedaan. Uit de eerste resultaten blijkt een positieve invloed van begrazing op het terugdringen van strandkweek en een (nog heel beperkt) herstel van schorrevegetaties (Figuur 7 & Figuur 8).

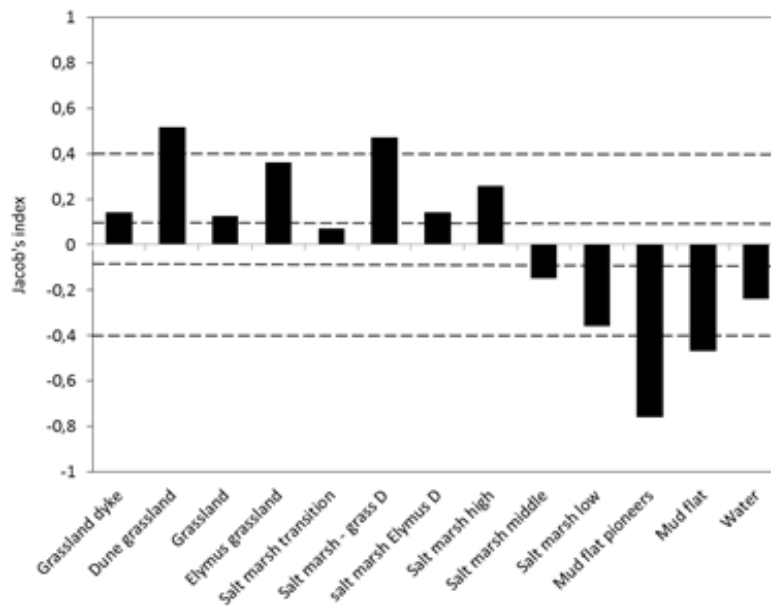


Figuur 7 Bedekking van Strandkweek en Gewone zoutmelde in gepaarde begraasde en onbegraste plots.



Figuur 8 Veranderingen in gemiddelde bedekking (% + standaarddeviatie) en presentie (aantal plots) tussen 2010-2013 en 2016-2017 van een aantal veel voorkomende slikken- en schorrensoorten in het Zwin.

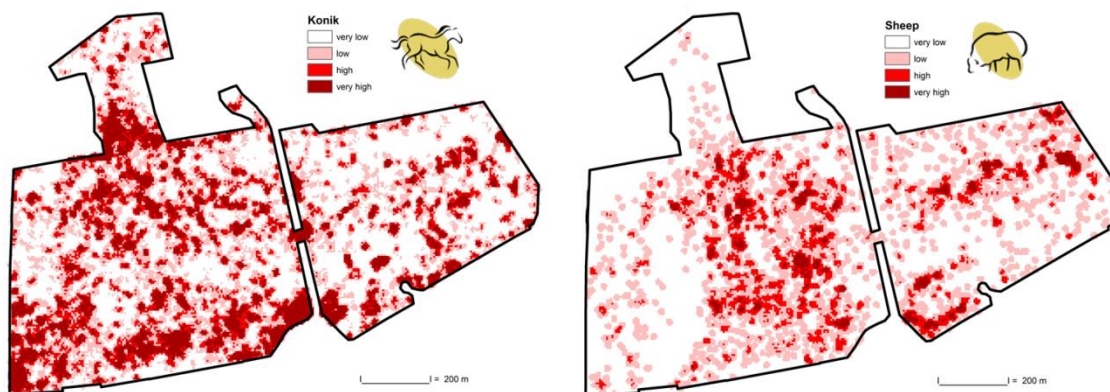
Deze resultaten liggen in lijn met de data over habitatgebruik, waar graslanden, incl. door Strandkweek gedomineerde vegetaties preferentieel gebruikt worden en alle zilte moerasvegetaties worden vermeden (Figuur 9).



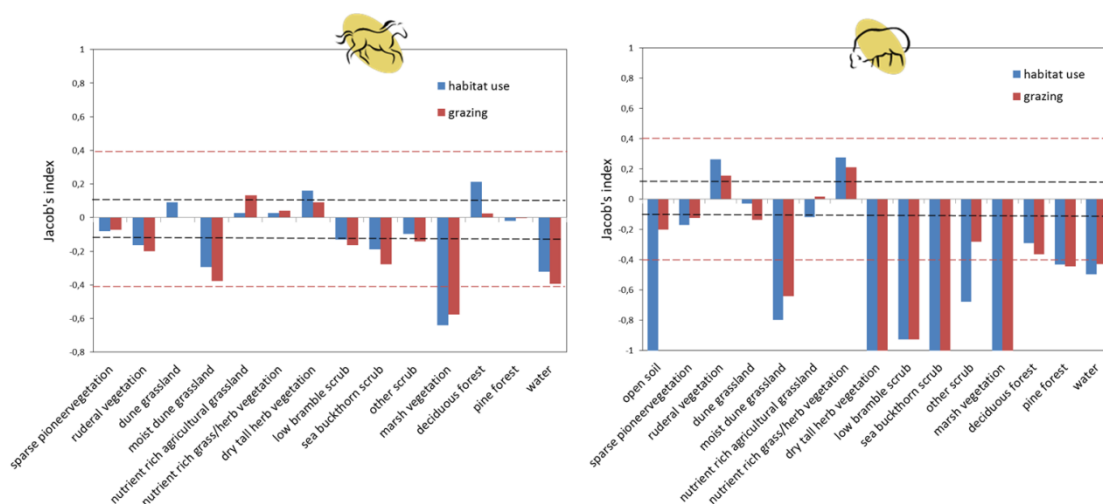
Figuur 9 Habitat preferentie van runderen in de Zwinschorren (a.d.h.v. Jacobs's index).

Via GPS-collars werd onderzoek gedaan naar preferentiële habitats van paarden, schapen en runderen in de Zwinvlakte en de Zwinbosjes. Er werden gedetailleerde vegetatiekaarten en graasdensiteitskaarten (Figuur 10) gemaakt. Op termijn moet dit kunnen leiden tot modelmatige benaderingen van het N-transport tussen die vegetaties en afvoer van N (biomassa, vervluchtiging) (cf. onderzoek in Bos t' Ename, Van Uytvanck et al. 2010).

Voedselrijke graslanden worden geprefereerd door zowel schapen als paarden. Paarden foerageren ook graag in ruigtes en gebruiken ook graag het bos (beschutting). Schapen gebruiken droge ruderaale plekken om te rusten en houden die zo ook in stand (Figuur 11).



Figuur 10 Graasintensiteit a.d.h.v. het terreingebruik in de Kleyne vlakte en Zwinbosjes.



Figuur 11 Voorkeurhabitats van paarden en schapen in de Kleyne vlakte en de Zwinbosjes.

3.2.2.3 Verkennend onderzoek Remote sensing

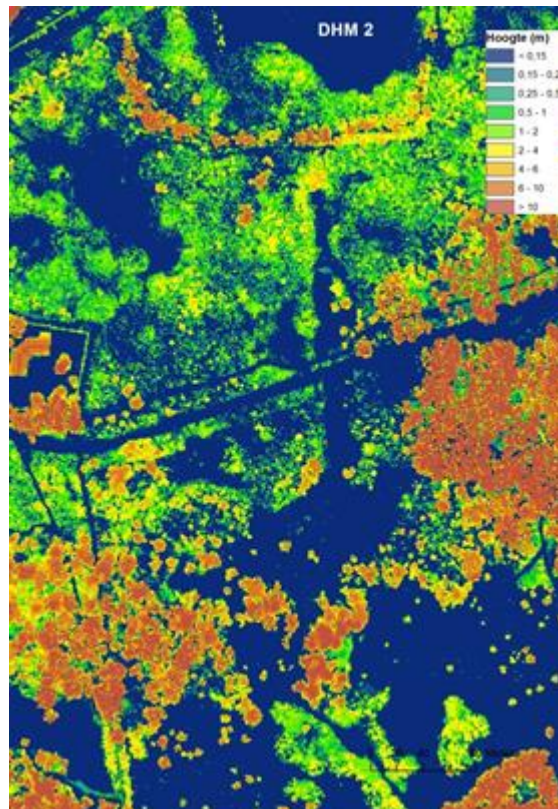
Er werd verkennend onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van RS (o.a. Lidar) voor het bepalen van structuurvariatie, kruinhoogte, en biomassa, en dit op een zeer hoog detailniveau.

Bij een procesgericht beheer zoals extensieve begrazing zullen vegetatietypes kleinschalig variëren in ruimte en tijd. Dit is een belangrijk onderscheid met gebieden met een klassiek patroonbeheer (bv. ecologisch maaibeheer) waarbij vegetatietypes als het ware ruimtelijk gefixeerd en in een (geschikt geachte) vegetatiestructuur 'gedwongen' worden. Het PAS-herstelbeheer omvat vooral maatregelen voor patroonbeheer. De huidige kennis over de invloed van procesbeheer, en meer specifiek extensieve begrazing, op nutriëntenfluxen in het landschap is minder ver gevorderd.

Natuurlijke processen geven vaak aanleiding tot milieu- en structuurgradiënten in het landschap waardoor geleidelijke overgangen ontstaan tussen vegetatietypes. Om procesgestuurde natuur op te volgen en te begrijpen is het cruciaal om deze gradiënten te detecteren. Om transport en omzetting van nutriëntenstromen binnen ecosystemen te begrijpen en te kwantificeren is het belangrijk een beeld te krijgen van de vegetatiestructuur en de verandering daarvan in tijd en ruimte. We wensen een inschattingen te maken van vegetatievolumes en biomassa.

In extensief begraasde systemen zijn de verschillen in de vegetatiestructuur en de veranderingen ervan in de tijd vaak fijnmazig van aard. Dit vergt detectietechnieken met een hoge nauwkeurigheid die op verschillende schaalniveaus kunnen ingezet worden; landschap, habitatvlek tot op het niveau van een individuele plant of struik. Daarom werd en wordt nog steeds in het kader van het PAS-herstelbeheer verkennend onderzoek verricht naar de mogelijkheden van remote sensing-technieken voor het bepalen van de vegetatiestructuurvariatie. Hiervoor worden twee sporen bewandeld: 1) analyse van beschikbare LiDAR –data; 2) eigen gegevensinzameling met behulp van een drone en visuele camera en verwerking tot een vegetatiehoogtekaart met behulp van fotogrammetrie.

In eerste instantie moeten de detectietechnieken in staat zijn om een accurate weergave te maken van de absolute vegetatiehoogte (canopy height model – CHM). Vooral in bossen is hier al heel wat ervaring opgedaan. Daarvoor wordt vaak gebruik gemaakt van LiDAR, waarmee de vegetatiehoogte, afhankelijk van de basisdata, met nauwkeurigheden van 0,2 tot 2 m gemeten kan worden (Dandois & Ellis 2013). LiDAR, of 'Light Detection And Ranging of Laser Imaging

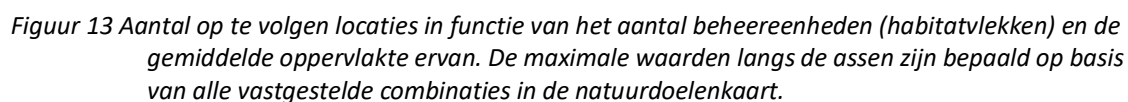


Figuur 12 Vegetatiehoogtekartering door middel van LiDAR (links, data DHM II) en uit drone-beelden (testvlucht INBO) in een gedeelte van de Zwinguinen in Knokke-Heist.

3.2.3 Monitoring herstelbeheer

PAS-herstelstrategie en PAS-gebiedsanalyses vormden de hoofdmoot in dit kader. Verder wordt natuurbeheer (incl. herstelbeheer) op dit ogenblik in extenso uitgewerkt in het boek Natuurbeheer (volledig herziene derde editie; verwachte publicatie in 2020).

Voor de beheerevaluatie van Vlaamse Natuurgebieden en Erkende reservaten werd een methodologie ontwikkeld die bestaat uit 2 grote delen: een monitoringsprotocol en de indicatormandjes voor beheerevaluatie. De beheerevaluatie is geënt op de tweedeling instandhoudingsbeheer-herstelbeheer, met indicatoren voor herstel en degradatie. Deze werden uitgewerkt voor 44 types en subtypes van Europese habitats en Regionaal belangrijke biotopen (excl. bostypes). Voor deze up-to-date te houden methodieken werd gewerkt met webpagina's die kunnen aangevuld of bijgewerkt worden. De methodiek beschrijft uitvoerig wat en hoe er moet gemonitord worden en geeft afhankelijk van herstel- of instandhoudingsbeheer ook aan hoeveel plots (en van welke grootte) er moeten opgevolgd worden (Figuur 13).



A scatter plot showing the relationship between P Olsen (mg/kg) on the x-axis and Biomass (ton/ha) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 100 with major ticks every 25 units. The y-axis ranges from 1.5 to 3.0 with major ticks every 0.5 units. There are two data series: one represented by red dots and the other by teal dots. The red dots are clustered at low P Olsen values (0-20 mg/kg) with biomass values ranging from approximately 1.3 to 3.3 ton/ha. The teal dots are more widely distributed across the P Olsen range (20-90 mg/kg) with biomass values ranging from approximately 1.8 to 3.3 ton/ha.

Figuur 14 Biomassaproductie in de bemonsterde plots in functie van biobeschikbare fosfor in de bodem en opgesplitst volgens referentiepercelen (rood) en percelen met verarmde vegetatie (blauw).

3.2.4 Heideherstel door bekalking

In 2012 werd een **verkennde studie** over bekalking in heideterreinen uitgevoerd door het INBO in samenwerking met terreinbeheerders van 16 gebieden verspreid over heel zandig Vlaanderen. Er werden bodemstalen genomen op 32 bekalkingskoppels, bestaande uit een plot die in het verleden bekalkt was geweest en een niet-bekalkt plot die als referentie kon worden gebruikt. Ook de vegetatiesamenstelling in de bemonsterde plots werd gedocumenteerd. Op basis van het verkennend onderzoek werden tussen 2012 en 2014 18 nieuwe bekalkingskoppels uitgezet in 6 geselecteerde **pilootgebieden** waar een bekalkingsproef van nabij werd opgevolgd: gedurende minimaal 3 jaar werd de bodem elk 6 maand bemonsterd en geanalyseerd.

De bodem pH (zowel gemeten in H_2O als in CaCl_2) was hoger in de bekalkte plots dan in de niet-bekalkte plots. Er waren echter geen significante verschillen vast te stellen in de kationuitwisselingscapaciteit tussen beide. Dit was zoals verwacht vermits de toevoeging van uitwisselbare Ca en Mg via bekalking de uitwisselingscapaciteit niet zal beïnvloeden. Via bekalking wenst men vooral de samenstelling van de kationen op het uitwisselingscomplex te beïnvloeden en in de richting te sturen van een hogere basenverzadiging. De verkennende studie gaf ook resultaten weer die deze richting uitgingen. De basenverzadiging en het gehalte aan basische kationen was inderdaad hoger op de bekalkte versus de niet-bekalkte plots.

Tijdens de pilootstudie steeg de bodem pH in de bekalkte plots. We stelden echter ook een stijging, hetzij minder sterk, vast in de niet-bekalkte plots. Dit toont dus aan dat er nog andere bodemprocessen spelen naast de gevolgen van de bekalking. Op verschillende plaatsen stelden we tevens een daling van de concentraties aan organische stof en de totale koolstof vast. Deze daling in organische stof bleek vaak samen te gaan met een daling in de totale uitwisselingscapaciteit, dus een daling in de plant-beschikbare nutriënten. Deze veranderingen in de bodemeigenschappen wijzen vooral op de gevolgen van een verandering in de bodembedekking. Bomen werden gekapt, de strooisellaag werd verwijderd en er werd een naakte bodem gecreëerd wat vermoedelijk de mineralisatieprocessen heeft versneld. In de 0 – 5 cm laag van de bekalkte plots, stelden we geen daling van de CEC vast, wat erop zou kunnen wijzen dat de bekalking deze dalende trend, ten gevolge van de verandering in het bodemgebruik, zou kunnen neutraliseren.

Om de aanwezige vegetatie te karakteriseren, werden verschillende indicatoren afgeleid uit de lijst die gehanteerd wordt voor de bepaling van lokale staat van instandhouding. Per plot werden gewogen gemiddelde Ellenberg indicatorgetallen berekend. Uit de analyse blijkt dat er aanzienlijke contrasten in vegetatie zijn tussen de bemonsterde gebieden, meer dan tussen bekalkte en niet-bekalkte plots binnen eenzelfde gebied. Het gewogen Ellenberg zuurgetal en het stikstofgetal van de bekalkte proefvlakken zijn wel licht hoger dan die van de niet- bekalkte plots, m.a.w. er zijn meer zuurminnende soorten en soorten van voedselarme condities in de niet-bekalkte plots. We zien momenteel geen (of nog geen) systematisch verschil tussen de bekalkte en niet-bekalkte plots voor de andere vegetatie-indicatoren (sleutelsoorten voor heide en heischraal grasland en verstoringindicatoren). Er zijn in sommige gebieden wel verschillen tussen bekalkte en niet- bekalkte plots vastgesteld in de bedekking van Grijs kronkelsteeltje en in het aandeel naakte grond per plot, maar de richting en grootte van deze verschillen variëren gebied per gebied.

Op basis van de verkennende studie, hadden we verwacht om tijdens de pilootstudie duidelijke patronen te kunnen vaststellen ten gevolge van de bekalking. Deze verwachtingen konden echter niet ingevuld worden. Enerzijds botsten we op de beperkingen van de bodemanalytische methoden. De bodems van heide en heischrale graslanden zijn zo extreem arm aan plant-beschikbare nutriënten waardoor onze klassieke bodemanalytische technieken

ontoereikend zijn om de bodems voldoende nauwkeurig te kunnen bemeten en op te volgen in de tijd. Daarnaast speelde ook tegelijk een complex van verschillende processen in op de bodem. Voorafgaande aan de bekalking hadden er op de meeste plaatsen zeer grondige wijzigingen plaatsgevonden in het abiotische milieu. Vaak was er net gekapt en/of geplagd wat niet zonder gevolgen kan zijn op de mineralisatieprocessen en het beschikbaar stellen van plantennutriënten. Bij de opvolging van de bekalkingskoppels keken we dus naar de gecombineerde effecten van een aantal maatregelen waardoor het zeer moeilijk bleek om het effect van de bekalking zelf correct in te schatten en als alleenstaande beheersmaatregel te evalueren.

Toch zouden we nog een aanvullende vegetatieopname en bodemstaalname willen aanraden na een langere tijdsinterval (dus bv. 10 jaar na de bekalking) in de koppels uitgezet in de pilootgebieden omdat zo de vegetatie meer kans zal gekregen hebben om zijn maximale (of toch grotere) bedekking te halen en de bodemprocessen een meer stabiele toestand zullen bereikt hebben.

Een intensieve opvolging, met 6-maandelijkse bodemstaalname, is enkel zinvol in meer gecontroleerde omstandigheden vertrekkende van een uniforme uitgangssituatie waar de effecten van veranderingen in landgebruik niet meer meespelen.

Ook raden we de zilverthiouremethode (AgTU) methode voor de bepaling van de uitwisselbare kationen af voor dit type van onderzoek vermits deze weinig gevoelig is en een relatief hoge bepaalbaarheidsgrens heeft. De kobalthexamine (CoHex) methode of de drievoudige extractie met BaCl_2 zijn om deze beide redenen beter geschikt.

3.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

3.3.1 Dood hout in bossen

Uit de studies naar de rol van dood hout kunnen enkele belangrijke conclusies getrokken worden voor het functioneren en het beheer van boshabitat op zure bodem (9120 en 9190):

- Dood hout is in zure bossen een structuurelement met een grote toegevoegde waarde op de diversiteit van mossen. Mossen zijn schaars op de bodem van dergelijke bossen door de dikke strooisellaag en verzuring werkt strooiselophoping in de hand. Op dood hout zijn behalve soorten die op de bodem kunnen groeien, ook zeldzame specialisten te vinden, bijvoorbeeld Krulbladmos (*Nowellia curvifolia*). Voornamelijk dood hout in een intermediaire graad van vertering is belangrijk voor mossen. Bij verdere vertering nemen kruiden de overhand. Het is dus belangrijk dat doorlopend alle stadia van vertering in de habitat vertegenwoordigd zijn.
- Het aanbod aan zwaar dood hout bepaalt de totale soortenrijkdom. Ook bij meer dan 60 stammen op een oppervlakte van ongeveer 15 ha, dit stemt overeen met >10% dood hout en een gunstige LSVI in het studiegebied, levert bijkomend dood hout nog steeds nieuwe soorten op.
- Stikstofdepositie veroorzaakt een hoger N-gehalte van het hout en kan op die manier wellicht ook een effect hebben op de geassocieerde biodiversiteit. De omvang van het effect is echter niet los te koppelen van andere verklarende factoren, zoals verschillen in oppervlakte en bodemkenmerken van de onderzochte bossen. Het is dus op basis van het uitgevoerde onderzoek niet mogelijk om te bepalen of een hogere voorraad dood hout hiervoor kan mitigeren.
- Verterend dood hout speelt een belangrijke rol in de nutriëntencyclus van bossen op zure bodem en creëert eilanden van minder verzuurde bodem. Door minder te oogsten en dood hout achter te laten, kan het verzurende effect van N-depositie

enigszins gemitigeerd worden. Om aan een gunstige LSVI te komen, voor de aspecten 'aandeel dood hout' en 'hoeveelheid dik dood hout', zal in veel gevallen houtoogst sterk afgebouwd moeten worden. Toepassen van de reeds bestaande LSVI criteria voor dood hout, die gebaseerd zijn op de biodiversiteitswaarde van dood hout, heeft op die manier ook een mitigerend effect voor de verzurende effecten van N-depositie. De effectiviteit hangt echter af van lokale bodemomstandigheden en de omvang van de N-depositie.

3.3.2 Proces- en landschapsbeheer

Het inzetten van grote grazers op een extensieve manier in grotere gebieden kan op patch-schaal verschillen in stikstofbeschikbaarheid induceren en stikstofgradiënten doen ontstaan, waarbij N-depletie kan optreden in geprefereerde graashabitats en aanrijking op bv. rustplaatsen en minder geprefereerde habitats. Belangrijk hierbij is dat grazers de toegang hebben tot verschillende types habitat in één gebied.

Gerichte inzet van grote grazers kan vergraste terreinen positief beïnvloeden. In het Zwin leidde dit tot een meer patchy mozaïekvegetatie, achteruitgang van het dominante strandkweek en een voorzichtig herstel van zoutminnende soorten. Zowel de inzet van schapen als runderen is positief voor het herstel van schorrenhabitats. Kennis van het habitatgebruik laat ook toe om voorspellingen te doen over de ontwikkeling van habitats. In de Kleyne vlakte van het Zwin (een afwisseling van vnl. bemeste polder- en duinpolder-overgangsgraslanden, zilverschoongraslanden en duingrasland) leidt extensieve begrazing niet tot de ontwikkeling van soortenrijke duin- en duinpoldergraslanden. Hoger gelegen, drogere gronden die als rustplaats dienen, dreigen te ruderaliseren. Duingraslanden worden te weinig begraasd om zich gunstig te kunnen ontwikkelen. Het zijn vooral de productieve graslanden die begraasd worden en dit gaat ten koste van de hoger vermelde habitats. Daarom wordt in dergelijke situaties aanvullend maaibeheer en betere sturing van grasbeheer (door compartimentering) aanbevolen.

Voor het in kaart brengen van zich ontwikkelende vegetatiemozaïeken (en hun potentiële rol in de herverdeling/retentie van N) zijn nieuwe Remote Sensing-technieken voorhanden (LiDAR, fotogrammetrie) die voor beheerevaluatie en PAS (bv. veranderingen in biomassa) nog maar nauwelijks ontgonnen zijn. Een stimulerend onderzoeksbeleid met samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen en de overheid (ANB, ATO) kan hier snel verandering in brengen.

Landschapsbeheer in het buitengebied kan een positief effect hebben op natuurgebieden en habitats. Vegetatiegordels rond N-emissiebronnen (veestallen, autowegen) hebben de capaciteit in zich om een ammoniakretentie tot een niveau van 10 % te verzekeren. Hierdoor voldoen zij aan de voorwaarden om in de PAS-lijst opgenomen te worden. Stimulerend beleid en/of verplichte aanplant bij bedrijfs- en weginrichting kunnen een belangrijke bijdrage leveren.

3.3.3 Monitoring herstelbeheer

Voor instandhoudingsbeheer en herstelbeheer van habitats en RBB's werd een methodiek opgesteld die beheerders zelf moet in staat stellen het resultaat van hun inspanning te beoordelen op het niveau van een beheereenheid. De methodiek laat tegelijkertijd ook de evaluatie op een hoger niveau (regionaal, gebied, habitat) mogelijk.

Enkele belangrijke stappen moeten nog genomen worden i.v.m. de implementatie, nl. zorgen voor voldoende opleiding en technische ondersteuning. Voor dit laatste zijn middelen nodig

om invoer- en evaluatie-apps te ontwikkelen die gekoppeld zijn aan een centrale databank (CMSi). Er is nood aan een flinke geld- en tijdsinjectie om deze monitoring uit te rollen.

3.3.4 Heideherstel door bekalking

Op dit ogenblik is de kennisontwikkeling met betrekking tot bekalking in Vlaamse heidegebieden nog onvoldoende om gerichte aanbevelingen voor beheer en beleid te kunnen formuleren. Het lopende onderzoek moet hiervoor nog een tijd kunnen doorlopen en ondersteund worden.

3.4 OUTPUT

3.4.1 Dood hout in bossen

De Keersmaeker L., Cosyns H., Thomaes H., Vandekerckhove K. 2016. Kan houtoogst stikstofdepositie mitigeren? Landschap 34(1): 4-13.

Dhiedt E. 2018. De invloed van verterend zwaar dood hout op de nutriëntenstatus in bosbodems en zaailingen. Master's dissertation submitted to obtain the degree of Master of Science in Master of Science in Bioscience Engineering: Forest and Nature Management, UGent (promotor: Kris Verheven).

Dhiedt E., De Keersmaeker L., Vandekerckhove K., Verheyen K. 2019. Effects of decomposing beech (*Fagus sylvatica*) logs on the chemistry of acidified sand and loam soils in two forest reserves in Flanders (northern Belgium). *Forest Ecology and Management* 445: 70-81.

Van Landuyt W., De Beer D. 2016. Mossen op dood hout in de bosreservaten van het Zonienwoud en Wijnendalebos. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016 (INBO.R.2016.11823501). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Parys S. 2018. Diversiteit en successie van vaatplanten, mossen en lichenen op liggend dood hout van beuk (*Fagus sylvatica*) in twee bosreservaten (Vlaanderen, België). Master's dissertation submitted to obtain the degree of Master of Science in Biology, UGent (promotor: promotor Maurice Hoffmann).

3.4.2 Proces- en landschapsbeheer

De Blust G. 2016. GePASt beheer op landschapsniveau. 'Passende maatregelen tegen stikstofeffecten' NecoV symposium. Antwerpen – 25 & 26 april 2016. (Rapport in opmaak).

Meiresonne L. 2016. Ammoniakcaptatie door groene landschapselementen. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2016. 23 blz. (Interne rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek).

Provoost S., Van Uytvanck J., Vandekerckhove K., De Blust G. 2017. Monitoring van ecologische processen in Vlaanderen - Een verkenning. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017(3). D/2017/3241/003. doi.org/10.21436/inbor.12531430

Van Uytvanck J. 2018. GPS-data of large herbivore habitat use support management practice in the Zwin nature reserve. International Workshop 'Management of coastal dunes and sandy beaches, Dunkirk, 12 - 14 June 2018.

Herr et al., in voorbereiding. Natuur.focus heideherstel: voorzien voor begin 2020.

Dandois J.P., Ellis E.C. 2013. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision. *Remote Sensing of Environment* 136:259-276.

Fonstad M.A., Dietrich J.T., Courville B.C., Jensen J.L., Carbonneau P.E. 2013. Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surf. Process. Landforms*. 38(4): 421–430.

Mücher S., Kramer H., van der Wijngaart R., Huiskens R. 2017. Ontwikkelen van een Remote Sensing monitoringssystematiek voor vegetatiestructuur. Pilotstudie: directe verruiging Grijze Duinen (H2130) voor het Natura 2000-gebied Meijndel-Berkheide.

Van Uytvanck J., Milotic T., Hoffmann M. 2010. Nitrogen depletion and redistribution by free-ranging cattle in the restoration process of mosaic landscapes: the role of foraging strategy and habitat proportion. *Restoration Ecology* 18: 205–216.

4 HABNORM – MILIEUKWALITEITSNORMEN VOOR EUROPEES BESCHERMDE HABITATTYPEN

Maud Raman, Nathalie Cools, Bruno De Vos, Cécile Herr, Hans Van Calster & Jan Wouters

4.1 DOELSTELLING

Het natuurlijk milieu is een belangrijke sleutel voor het bereiken van natuurdoelstellingen of bij het vrijwaren van bestaande natuurwaarden. Zo spelen kenmerken van oppervlaktewater, bodem, grondwater en lucht een grote rol bij de kansen voor ontwikkeling of behoud van een levensgemeenschap (Vanderhaeghe et al. 2017).

Bij de opmaak van het implementatieplan voor het IHD-beleid heeft het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) een aantal informatie-, kennis- en monitoringnoden geïdentificeerd met betrekking tot de milieukwaliteit en de milieudrukken in de Vlaamse Natura 2000 -gebieden. De informatienoden (vraagzijde) met betrekking tot het natuurlijk milieu zijn drievoudig:

- kwantitatieve informatie op Vlaams niveau omtrent de drukken en bedreigingen waar habitattypes aan blootgesteld zijn en de mate waarin die drukken bepalend zijn voor de gerealiseerde staat van instandhouding;
- kwantitatieve informatie op gebiedsniveau in functie van de passende beoordeling en het nemen en opvolgen van gebied-specifieke brongerichte maatregelen;
- informatie over de lokale milieutoestand in het kader van planning, dimensionering en opvolging natuurherstel en -beheer.

Aanvullend op de meetnetten natuurlijk milieu werd door ANB aan het INBO gevraagd om een referentiekader uit te bouwen voor de duurzame instandhouding van Natura 2000-habitat(sub)types en regionaal belangrijke biotopen (RBB) in Vlaanderen. Dit project - HabNorm genoemd - had een looptijd van 5 jaar (looptijd 2015-2019). Enerzijds worden een reeks rapporten opgemaakt handelend over één specifiek habitattype met focus op de habitatdefinitie en vereisten voor het voorkomen ervan (= standplaatsvereisten), anderzijds wordt een overzichtsrapportage opgemaakt met specifieke vereisten geformuleerd voor een gunstige staat van instandhouding in relatie tot de voornaamste milieudrukken.

4.2 RESULTATEN

4.2.1 Databank

Er is een uitgebreide dataset opgebouwd met standplaatsinformatie (vegetatie, bodem, grondwater). Hiervoor zijn surveys ontworpen en uitgevoerd voor volgende types (inclusief alles subtypes): rbbvos, rbbhc, 1330_hpr, 2130, 2190, 4010, 4030, 6230, 6410, 6510, 7140, 7150, 91E0, 9160 en +- 9190. Voor sommige types konden we gebruik maken van reeds ontwikkelde datasets (duinhabitat types: PINK-dataset, grondwaterafhankelijke types: FLAWET) die zeer gericht werden aangevuld. We hebben maximaal de data van het habitatkwaliteitsmeetnet en van de VMM gebruikt.

Belangrijke INBO-databanken als INBOVEG en WATINA zijn jaarlijks gevoed met de gegevens afkomstig van de surveys. In afwachting van INBODEM werd een lokale bodemdatabank opgebouwd.

In HabNorm kwam de **FlaVen-databank** tot stand. In FlaVen worden relaties gelegd tussen verschillende type data behorend tot 1 meetlocatie.

4.2.2 Instrumenten

In de projecttermijn van HabNorm hebben we verschillende instrumenten opgebouwd. Deze instrumenten kunnen in de toekomst verder ingezet worden bij nieuwe inventarisaties en analyses voor andere habitattypes.

- **Staalnameprotocols:** protocols voor het bemonen van de vegetatie en voor de uitvoering van grondwater- en oppervlaktemonsterstaalname en profielboringen.
- **HabNorm bodemsurvey website:** overzichtelijke website waarin alle gegevens m.b.t. de bodemstaalname wordt verzameld.
- **Bodemformulieren voor oppervlaktemonsters en profielboringen:** formulieren die tijdens de bodemstaalname worden ingevuld. Ze bevatten details i.v.m. de weersomstandigheden, beheer, bodemkarakteristieken, ...
- **Nota's met afspraken en richtlijnen:** voor de uitvoering van de meting en de flow die de stalen moeten doorlopen vooraleer ze in het labo terechtkomen.
- **Reproduceerbare workflows voor ontwerp van nieuwe surveys:** reproduceerbare scripts die zorgvuldig de verschillende uitgevoerde stappen en gebruikte criteria voor de selectie van de te bemonsteren meetpunten van een habitatype documenteren.
- **Reproduceerbare workflows voor vegetatiekundige analyses en de bepaling van standplaatsvereisten van een habitatype.**
- **Reproduceerbare workflows voor de bepaling van gunstige abiotische bereiken.**

4.2.3 Databeheer

De verschillende workflows zijn in een **Github-repository** gebracht. Deze HabNorm-repository maakt een versiebeheer van bestanden en reviewproces van script- en tekstmateriaal mogelijk.

4.2.4 Rapporten ruwe data

Er zijn beknopte rapportages opgemaakt voor de beheerders van de gebieden waar we metingen hebben uitgevoerd met weergave van volgende ruwe resultaten:

- vegetatie-opnamegegevens;
- laboresultaten voor bodem- en grondwaterstalen;
- meetreeksen voor piëzometers in het gebied.

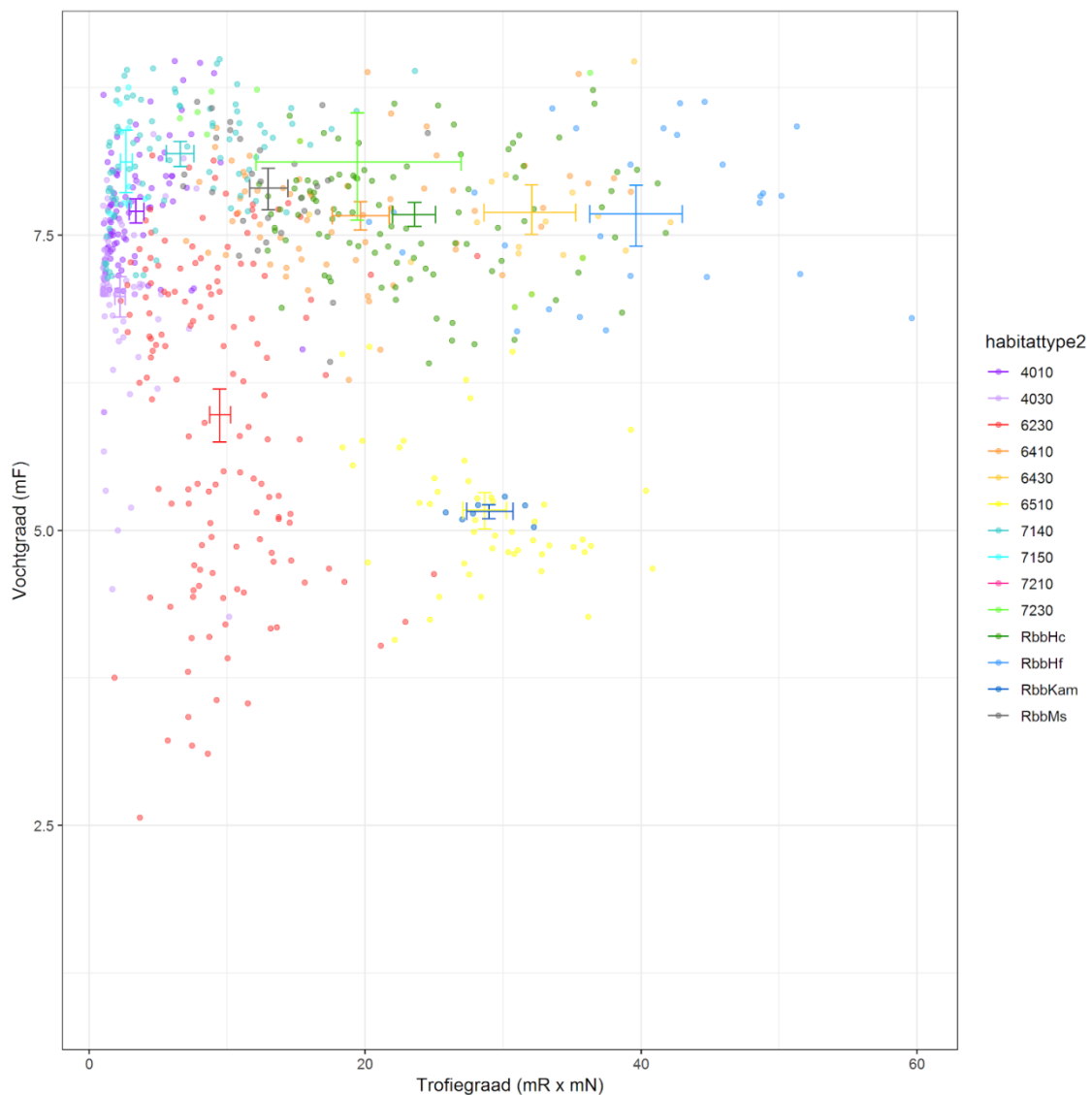
4.2.5 Interne technische rapporten

Verschillende interne technische rapporten zijn opgemaakt:

- ontwerp van nieuwe surveys: selectie van de te bemonsteren meetpunten van een habitatype;
- concepten en methoden die meer in detail zijn uitgediept en besproken.

4.2.6 Overzichtsrapportage met gunstige abiotische bereiken per habitattype

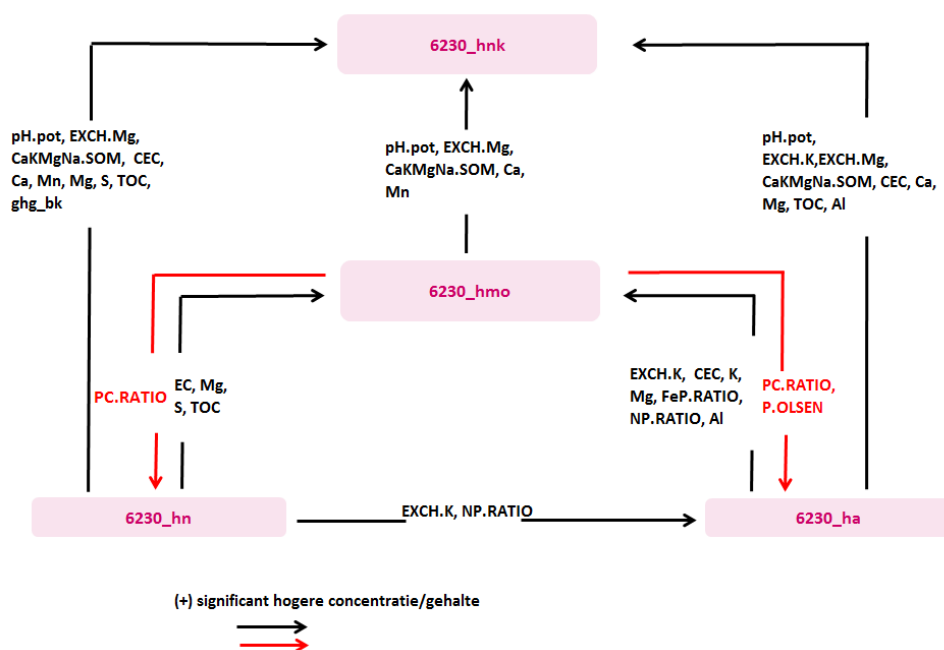
In een nieuwe overzichtsrapportage worden concepten en methoden beschreven die aan de basis liggen van de bepaling van noodzakelijke bodem- of grondwatercondities voor een gunstige biotische ontwikkeling van het habitatype. Als eindresultaat presenteren we voor elk habitatype gunstige abiotische bereiken: globale meetbereiken van milieuv variabelen waarbinnen een habitatype duurzaam kan functioneren op lokaal niveau.



Figuur 16 Scatterplot met trofiegraad (mR x mN) ten opzichte van de vochtgraad (mF) gebaseerd op Ellenbergindicatiewaarden. Errorbars worden in 2 richtingen weergegeven. Habitattypes worden aangeduid in kleur.

De droge heischrale graslanden hebben lagere trofiewaarden (mR x mN) dan mesofiele hooilanden (6510, rbbKam). Ook de vochtige heischrale graslanden hebben eerder lage trofiewaarden en zijn lager gelegen op de vocht-as dan moerasvegetaties (7140, 7150, 7210, 7230) en vochtige heide (4010).

Op basis van onze standplaatsdata worden de significante verschillen van subtypes van heischrale graslanden ten opzichte van landschappelijk verwante vegetatietypes in beeld gebracht. We bekijken ook de significante verschillen tussen de subtypes van heischrale graslanden.



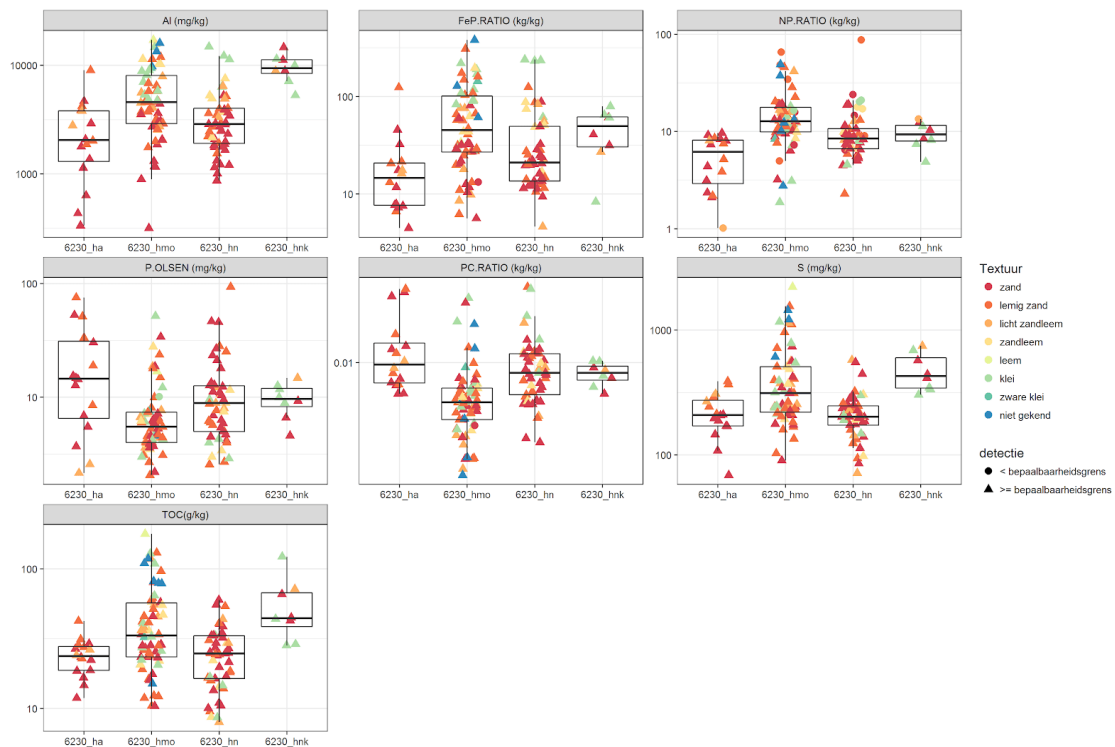
Figuur 17 Significante verschillen in bodemchemische variabelen tussen de subtypes van 6230.

De kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) is voor de vochtige en kalkrijke heischrale graslanden significant hoger dan de struisgraslanden. De vochtige heischrale graslanden zijn net als de droge heischrale graslanden afhankelijk voor hun buffering van leemhoudend, minder verweerd bodemmateriaal of aanvoer van bufferstoffen door menselijke activiteiten. Daarnaast is er ook een toevoer van bufferstoffen mogelijk via lokaal grondwater of kwel. Kalkrijke heischrale graslanden worden gebufferd door de aanwezigheid van kalkgesteente (kalksteen (CaCO_3), krijt (CaSO_4), mergel (CaCO_3), ...) in de ondiepe ondergrond (op slechts enkele decimeters diepte aanwezig).

We vinden een significant hogere concentratie van de som van uitwisselbare kationen in kalkrijke heischrale graslanden ten opzichte van de zuurdere heischrale graslanden. De kationen (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) dienen onder meer om de negatieve ladingen van de bodem te neutraliseren, maar vooral om de planten te voeden via de plantenwortels.

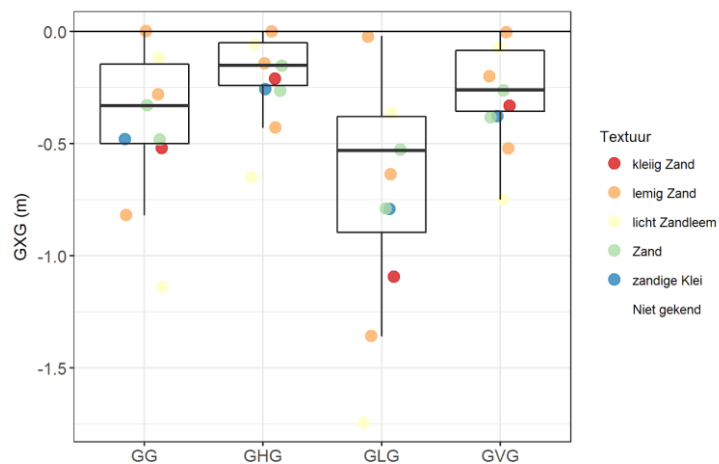
Er worden geen significante verschillen gevonden voor beschikbaar fosfor (OLSEN-P) tussen de subtypes onderling. De meeste kenmerkende soorten van 6230_ha en 6230_hn die in de analyse betrokken zijn hebben een optimaal voorkomen met P.OLSEN-waarden die lager zijn dan 20 mg/kg (droge stof). Voor de kalkrijke en vochtige heischrale graslanden ligt die grens nog lager (<10 mg/kg). Sommige kenmerkende soorten echter als Hazenpootje, Zandblauwtje en Bosdroogbloem hebben een breder bereik voor beschikbaar fosfor. Wanneer het aanbod aan voedingsstoffen te groot is, worden de laagproductieve schraallandsoorten weggeconcentreerd door snel groeiende plantensoorten.

In de volgende figuur (Figuur 18) worden sturende standplaatsvereisten voor het voorkomen van de verschillende subtypes van 6230 via box plots in beeld gebracht.



Figuur 18 Bodemchemische vereisten voor het voorkomen van subtypes van heischrale graslanden.

Voor de vochtige heischrale graslanden worden eveneens de gemiddelde grondwaterstanden (Figuur 19) en chemische eigenschappen van het grondwater onderzocht.



Figuur 19 GXG's in vochtige heischrale graslanden.

De vochtige heischrale graslanden hebben een schommelende watertafel. Bij een grondwaterstandsval is er een afname van de vochtbeschikbaarheid en toename van de aëratie. Als gevolg hiervan is er een verbeterde zuurstofvoorziening, hogere bodemtemperatuur en snellere omzetting van organisch materiaal (mineralisatie).

4.2.8 Bodemprofielkenmerken van een selectie habitattypes in Vlaanderen

In de zomers van 2016, 2017 en 2018 werden 79 bodemprofielen in 27 habitat(sub)types in Vlaanderen beschreven volgens de FAO Guidelines for soil descriptions (FAO, 2006). Stalen,

////////////////////////////////////

De profielen werden vervolgens geklasseerd volgens de World Reference Base for Soil Resources 2014 (update 2015).

De classificatie van de bodemprofielen ondersteunt meestal de typische bodemvereisten zoals in de beschrijving van de Natura 2000 habitattypes werd vooropgesteld. In hetzelfde N2K-habitat(sub)type troffen we gelijkaardige bodemprofielen aan. In vele van de graslandtypen echter, waar men via bv. verschrallingsbeheer een relatief grotere invloed kan uitoefenen op de nutriënten beschikbaarheid, was de relatie minder rechtlijnig. In deze studie viel het ook op dat we de typische Podzols eerder aantreffen in de droge heischrale graslanden (6230_hn) en niet zozeer in de typische heidevegetaties (4010 en 4030) wat men op basis van literatuur zou verwachten.

Voor de rapportage van de hydrologische vereisten van een habitatype hanteren we de zogenaamde GxG's, bv. de gemiddelde laagste grondwaterstand = GLG. Een belangrijke reden om deze te gebruiken is dat er in de literatuur hierover relatief veel gepubliceerd werd. Een GxG is een gemiddelde waarde van over de tijd gespreide metingen (tijdreeksen van peilen). De berekening van een GxG vergt normaliter een ononderbroken tijdreeks van 30 jaar. De periode van 30 jaar is gekozen om de weersituatie tijdens de opname van de grondwaterstanden eruit te filteren (Bierkens & Hoogland 2002). In de praktijk vaak door gebrek aan 30-jarige tijdreeksen worden meestal tijdreeksen van 3 tot 8 jaar gebruikt.

We onderzochten dit aan de hand van één casus: vochtige heide (4010). We selecteerden hiertoe locaties met een stabiel grondwaterregime (geen verdroging of vernatting) en onderzochten de jaarfluctuaties en de variatie van GXG's berekend als een voortschrijdend gemiddelde over een periode van drie jaar.

De verschillende producten zullen worden ontsloten via een webpagina. Op deze pagina worden ook de gebruikte concepten en methoden in heldere taal toegelicht.

4.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

Voor vele andere habitattypes beschikken we nog over onvoldoende data om standplaatsvereisten op eenzelfde manier te bepalen: rbbha, rbbms, rbbmsm, 1310, 1320, 1330_da, 2120, 2160, 2170, 2180, 2310, 2330, 2190_aquatische_facies , 3110, 3140, 3150, 3160, 5130, 6120, 6430, 7140, 7210, 7230, 9110, 9120, 9130, 9150, 91E0_sf. Aanvullende surveys zijn hiervoor wenselijk. Waar mogelijk wordt steeds zoveel mogelijk vertrokken van bestaande datasets. Voor de aquatische habitats kan gebruik gemaakt worden van de dataverzameling van het habitatkwaliteitsmeetnet. Voor (semi-) terrestrische vegetatietypes kan een quick-win bekomen worden door aanvullend bodemstalen te nemen op locaties van het habitatkwaliteitsmeetnet.

Het zou duurzaam en efficiënt zijn om de instrumenten die we voor de surveys en analyses hebben opgebouwd ook in de toekomst verder te gebruiken en te ontwikkelen. De databank, fiches, rapporten en webpagina kunnen op eenzelfde manier worden uitgebreid.

We hebben een referentiekader ontwikkeld voor een reeks van Natura 2000-habitattypes. Dit is nog niet gebeurd voor een aantal andere habitattypes. We verwachten hiervoor steeds terugkerende vragen van het beleid en de beheerder voor alle projecten waarbij input vereist is rond vegetatiekarakteristieken, standplaatsvereisten en/of gunstige abiotische bereiken voor Natura 2000-habitattypes. Voor de types waarvoor we nog geen informatie verzameld hebben, kunnen we op dit moment nog geen op eigen data gebaseerde adviezen (wel op basis van integratie van bestaande literatuorkennis), rapporten en instrumenten leveren.

De fiches en uitgebreide beschrijving van standplaatsvereisten, landschappelijke positie en beheercontext zijn nuttig voor de beheerder en de beleidsmaker. Ze zijn richtinggevend voor de beheerder en beleidsmaker die wil weten of

- een type al dan niet kan voorkomen in een gebied;
- een type al dan niet hersteld kan worden;
- doelstellingen al dan niet kunnen gerealiseerd worden.

Het is een referentiekader voor ecohydrologische studies, potentieverkenningen voor realisatie van instandhoudingsdoelstellingen, ...

Voor het meetnet natuurlijk milieu (MNM) en praktische wegwijzers is het nodig om korte en lange-termijntrends aan dit referentiekader af te toetsen, vooral voor standplaatsfactoren die meer met een milieudruk zijn gecorreleerd.

Deze input is eveneens vereist in ecologische modellen. Zo worden de standplaatsgegevens van vegetatietypes ook als input aangewend in het ecohydrologisch model NICHE.

Naast het definiëren van standplaatsvereisten is ook onderzoek naar (de impact van) verandering belangrijk. Hiervoor is het nodig om experimenteel onderzoek uit te voeren dat de verandering van plantengemeenschappen (of set van typische soorten voor een habitatype) onder wijzigende omgevingsvariabelen in kaart brengt. Hierbij kunnen locatiespecifieke verschillen in beeld gebracht worden. Dit zal bijna per definitie langlopend onderzoek zijn.

Onze resultaten dienen steeds getoetst te worden aan mogelijkheden voor implementatie. Hoe bruikbaar zijn de gegevens voor beheer en natuurinrichting? Op welke manier kunnen gunstige abiotische bereiken geïmplementeerd worden in het beleid? Hoe kan in het beleid omgegaan worden met afwijkingen van de huidige standplaatscondities ten gevolge van een ingreep? Deze beleidsvertaling kan pas succesvol zijn in nauwe interactie met de uitvoerders of beleidsmakers.

4.4 OUTPUT

4.4.1 Rapportages

Cools N., De Vos B. 2019. Soil profile characteristics in selected Natura 2000 habitats of Flanders. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Herr C. et al. 2019. Standplaatsvereisten voor het voorkomen van vochtige heide in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Leyssen A. et al. 2019. Standplaatsvereisten voor het voorkomen van waterlopen met waterplanten (3260) in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, *in voorbereiding*.

Raman M. et al. 2019. Standplaatsvereisten voor het voorkomen van laag gelegen schrale hooilanden (6510) in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, *in voorbereiding*.

Raman M., Van Calster H. 2019. Standplaatsvereisten voor het voorkomen van heischrale graslanden in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Raman M., Van Calster H., Cools N., Wouters J., Herr C., De Vos B. 2019. Standplaatsvereisten voor het voorkomen van vegetatietypes in Vlaanderen. Concepten, definities en methoden. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Calster H., Raman M., Cools N., Herr C., Vanderhaeghe F., De Keersmaecker L., Denys L., Hens M., Leyssen A., Neiryck J., Provoost S. en B. Vandevoorde 2019. Gunstige abiotische bereiken voor vegetatietypes in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Wouters J. et al. 2019. Standplaatsvereisten voor het voorkomen van blauwgraslanden in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

4.4.2 Interne rapportages

Raman M, Van Calster H. 2017. Surveys HabNorm 2017. Tussentijds technisch rapport waarin de selectie van meetpunten wordt toegelicht. Interne rapportage van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Calster H. 2016. Analyses HabNorm. Een verkenning van de FlaVendataset 2016.

Van Calster H. 2017. FLAVEN databank: bepaalbaarheidsgrens en detectielimiet. Tussentijds technisch rapport. Interne rapportage van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Calster H. 2018. Analyse oppervlakte-afhankelijkheid van LSVI-indicatoren. Tussentijds technisch rapport. Interne rapportage van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Wouters J. 2015, 2018. Rapporten met ruwe data van meetpunten ten behoeve van de beheerders.

Cools N. 2017. Stappenplan na de bodemstaalname. Nota van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Raman M. 2016. Stappenplan voor de inventarisatie van gerichte meetpunten. Nota van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Vanderhaeghe F., Herr C. 2016. Toelichting bij het conceptueel systeemschema en de functie ervan voor MNM en HABNORM, met oog op revisie door experts. Nota van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Cools N. 2016. Aanmaak HabNorm bodemsurvey website
<https://sites.google.com/a/inbo.be/HabNorm>

Cools N., De Vos B., Van Calster H., Westra T., Genouw G. 2016. Standaard Veldprotocol SVP-002. Bodembemonstering aan de hand van vast diepten (fase 1) en profielboringen (fase 2). Versie 1.1

Herr C. 2016. Ontwikkeling van bodemdatabank in afwachting van INBODEM.

Raman M. 2016. Richtlijnen voor de uitvoering van een survey: verantwoordelijkheden, stalen flow, .. Tabellen ter ondersteuning van de veldwerkperiode.

Raman M., Van Calster H., Wouters J., Herr C. 2019. R-code in R-Markdownprojecten voor bepaling van standplaatsvereisten, voor inlezen van data en voor preprocessing van data (onder versiebeheer).

Van Calster H. 2016. R-code voor ontwerp van surveys.

4.4.9 Stages

Georgoulas Apostolos (Universiteit Antwerpen) (2017). Eindproduct: ' Management and habitat quality of Nardus grasslands in Northern Flanders'. Begeleid door M. Raman.

Amélie de la Rocha (Universiteit Antwerpen) (2017). Eindproduct: 'The relationship between soil conditions, management and vegetation composition of *Nardus* grasslands in Belgium'. Begeleid door M. Raman en J. Wouters.

Sebas De Smedt (HoGent) (2018). Eindproduct: 'Een kleinschalig onderzoek naar beheersaspecten van blauwgraslanden en glanshaverhooilanden'. Begeleid door J. Wouters en M. Raman.

Jonathan Verborgt (KUL) (2018). Eindproduct: 'Standplaatsvereisten van dottergraslanden en vossenstaartgraslanden in Vlaanderen'. Begeleid door M. Raman.

4.4.10 Github-site

- Reproduceerbare scripts voor analyses
- Versiebeheer van datasets en analyseresultaten

4.4.11 GIS-lagen

- GIS-lagen beschikbaar op INBO-Citrix

4.4.12 Fotomateriaal

- Fotomateriaal op onze INBO-drive

5 ONDERZOEK NAAR MOGELIJKE EFFICIËNTIE- EN NAUWKEURIGHEIDSWINST IN HABITATKARTERING EN LSVI-BEPALING VIA REMOTE SENSING

Stien Heremans & Jeroen Vanden Borre

5.1 DOELSTELLING

Monitoring van Europees beschermde habitattypen is een belangrijke taak voor het INBO, maar is duur en arbeidsintensief. De evolutie van de maatschappelijke noden is bovendien van die aard dat een steeds hogere detailgraad en actualiteit verwacht wordt, bij gelijkblijvende middelen. Remote sensing, d.i. het extraheren van informatie uit beelden van het aardoppervlak genomen vanuit satellieten, vliegtuigen of drones, biedt mogelijkheden voor een meer kostenefficiënte en herhaalbare invulling van deze opdracht. Dit project beoogt de ontwikkeling van praktisch toepasbare methoden voor vegetatiemonitoring (habitatkartering en aspecten van habitatkwaliteit) op basis van remote sensing, om de haalbaarheid van de monitoringtaken van INBO te verhogen. De methodologische focus ligt op drie voor vegetatieonderzoek beloftevolle technologische innovaties binnen remote sensing, met name miniatuur onbemande vliegtuigen (drones; Remotely Piloted Aerial Systems, RPAS), nieuwe multispectrale satellieten (bv. Sentinel-familie), en hyperspectrale remote sensing. De drie gekozen onderzoekspistes volgen een gradiënt van lokaal naar regionaal:

- RPAS voor een gedetailleerde LSVI-bepaling in heidegebieden;
- Satellietbeelden voor het monitoren van graslanden;
- Bi- en multitemporele satellietbeelden voor veranderingsdetectie en -karakterisatie.
- Einddoel is de operationele inzet van deze methoden ter vervanging van een hoeveelheid veldwerk, of op zijn minst dit veldwerk te vergemakkelijken en/of meer gericht te plannen zodat er een efficiëntiewinst ontstaat. Het kan bovendien bijdragen tot het verminderen van bias bij de terreinbeoordeling door een veldwerker. Data-inwinning via RS is in principe vrij van a priori interpretatie door de veldwerker, zo kunnen bv. categorieën achteraf vastgelegd worden en indien nodig nog gewijzigd worden.

5.2 RESULTATEN

5.2.1 RPAS voor LSVI-bepaling van heidehabitats

In drie Vlaamse heidegebieden (Kalmthoutse Heide, Landschap De Liereman en Averbode Bos & Heide) werden RPAS-beelden opgenomen en verwerkt tot een orthofoto en bijhorende vegetatiehoogte, met de beeldverwerkingsketen van VITO. Per gebied werden ook tussen de 70 en 100 plots geselecteerd waarbinnen de bedekking van elke plantensoort visueel werd ingeschat¹. Uit deze bedekkingen werden vijf indicatoren voor de lokale staat van instandhouding (LSVI) afgeleid:

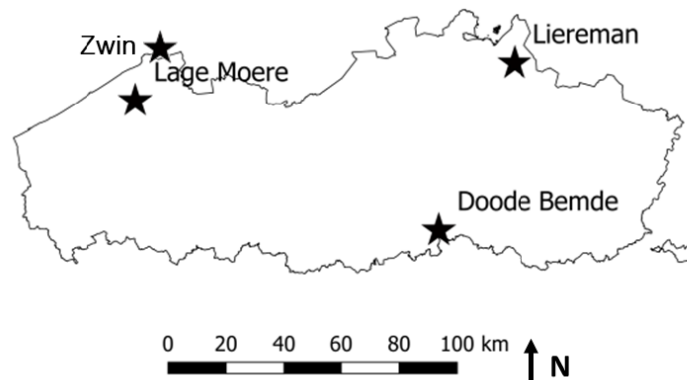
¹ Voor de Kalmthoutse Heide en Landschap De Liereman werden daarvoor in 2017 nieuwe veldgegevens verzameld. Voor Averbode werd gebruik gemaakt van bestaande veldgegevens uit 2014, die evenwel in hoofdzaak gericht waren op de bedekking van Grijs kronkelsteeltje.

Tabel 1 Maximale R^2 en kappa per gebied en per indicator.

LSVI-indicator	gebied	R ² (regressie)	kappa (classificatie)
Struikhei	Kalmthoutse Heide	0.73	0.71
	Landschap De Liereman	0.74	0.71
	Averbode Bos & Heide	0.49	0.62
Dophei	Kalmthoutse Heide	0.64	0.81
	Landschap De Liereman	0.58	0.60
	Averbode Bos & Heide	NA	NA
Open bodem	Kalmthoutse Heide	0.60	0.46
	Landschap De Liereman	0.46	0.68
	Averbode Bos & Heide	0.49	0.18
Vergrassing	Kalmthoutse Heide	0.84	0.68
	Landschap De Liereman	0.51	0.50
	Averbode Bos & Heide	0.11	0
Verbossing	Kalmthoutse Heide	0.65	0.50
	Landschap De Liereman	0.70	0.72
	Averbode Bos & Heide	0.27	0.29
Grijs kronkelsteeltje	Kalmthoutse Heide	0.71	0.76
	Landschap De Liereman	0.50	0.50
	Averbode Bos & Heide	0.33	0.34

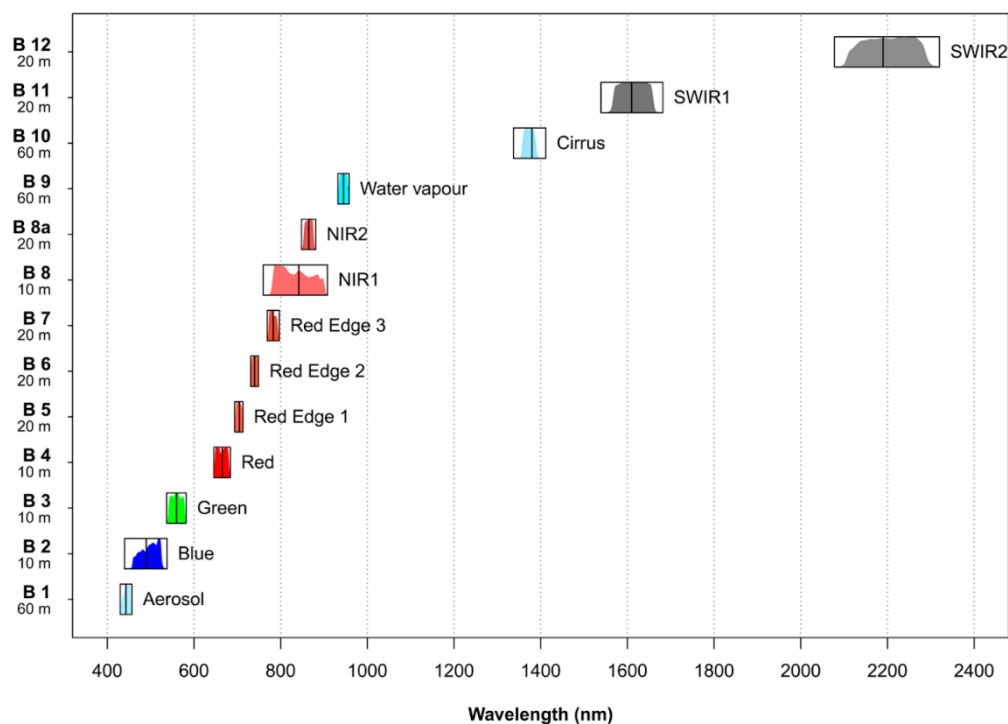
5.2.2 Satellietbeelden voor het monitoren van graslanden

Voor graslanden werden twee indicatoren gekozen, die gelinkt zijn met de ecologische waarde van een grasland: de graslandfase en de piekbiomassa. Deze indicatoren werden gemodelleerd in vier Vlaamse natuurgebieden: Het Zwin, de Lage Moere van Meetkerke, Landschap De Liereman en de Doode Bemde (Figuur 20). Er werd gebruik gemaakt van de Europese Sentinel2-satelliet, die sinds eind 2015 optische beelden levert over Vlaanderen en waarvan de data kosteloos ter beschikking staan.



Figuur 20 Ligging van de studiegebieden in Vlaanderen.

De Sentinel2-satellieten, die gelanceerd werden in 2015 en 2017, genereren beelden met de reflectantie in 12 banden, waarvan er 9 geschikt zijn voor monitoring van het aardoppervlak (Figuur 21).



Figuur 21 Overzicht van de Sentinel2-banden (bron: Immitzer et al. 2016).

5.2.2.1 Graslandfasen

De biodiversiteit van graslanden in Vlaanderen is de voorbije decennia afgenomen, voornamelijk door de intensivering van de landbouw, die ook in graslanden plaatsvond. Wanneer hoogproductieve graslanden uit landbouwgebruik genomen en tot biologisch diverse graslanden gerestaureerd worden, doorlopen zij een aantal tussenstadia, de zogenaamde 'graslandfasen' (Figuur 22).

Fase	Graslandtype	Productie (ton ds/ha/jr)	Soorten (per 25m ²)	Kwalificatie		
Tussenfasen					Invloed mest	Invloed bodem/water
0	Raaigrasweide	> 10	5-10	zeer soortenarm		
1	Grassen-mix	8-10	10-15	soortenarm		
2	Dominant-stadium	6-8	10-15	soortenarm		
Botanische doelen						
3	Gras-kruiden mix	5-7	15-25	matig soortenrijk		
4	Bloemenrijk grasland	3-6	20-40	soortenrijk		
5	Schraalland	< 5	> 30	(zeer) soortenrijk		

Figuur 22 Overzicht van de graslandfasen (Zwaenepoel 2000).

Binnen de studiegebieden werd in het voorjaar van 2017 voor alle toegankelijke graslanden de fase bepaald aan de hand van de vegetatiesamenstelling.

Een spectrale onderscheidbaarheidsindex werd berekend om te bepalen welke fasen van elkaar onderscheiden kunnen worden op basis van Sentinel2-beelden. Deze index wordt berekend als de ratio van de variabiliteit tussen de fasen en de variabiliteit binnen de fasen.

$$SI = \frac{(R_i - R_j)}{1.96(\sigma_i + \sigma_j)}$$

met R_i en R_j de gemiddelde reflectantie en σ_i en σ_j de standaarddeviatie van fasen i en j.

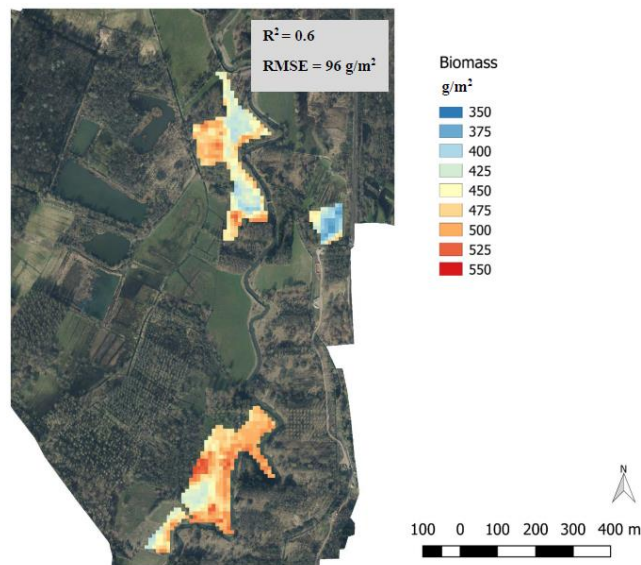
Hoe hoger deze index, hoe beter beide fasen van elkaar te onderscheiden zijn.

De hypothese dat fasen die verder uit elkaar liggen in de successie beter van elkaar te onderscheiden zijn werd grotendeels bevestigd, maar niet voor alle fasen in alle gebieden. Uit de onderscheidbaarheidsanalyse bleek dat maart, mei en augustus geschikte periodes zijn voor het onderscheiden van graslandfasen op basis van Sentinel2-beelden en dat de spectrale regio van het ver rood (red edge) en nabij infrarood de meest veelbelovende is. Door het (temporeel) variabele maaibeheer in de gekozen gebieden, was het echter moeilijk om het zuivere effect van de fase te capteren. Een echt goede evaluatie van de onderscheidbaarheid is alleen mogelijk wanneer we weten welk deel van de verschillen in reflectantie tussen de fasen te wijten is aan verschillen in (maai)beheer en welk deel intrinsiek gelinkt is aan de fase.

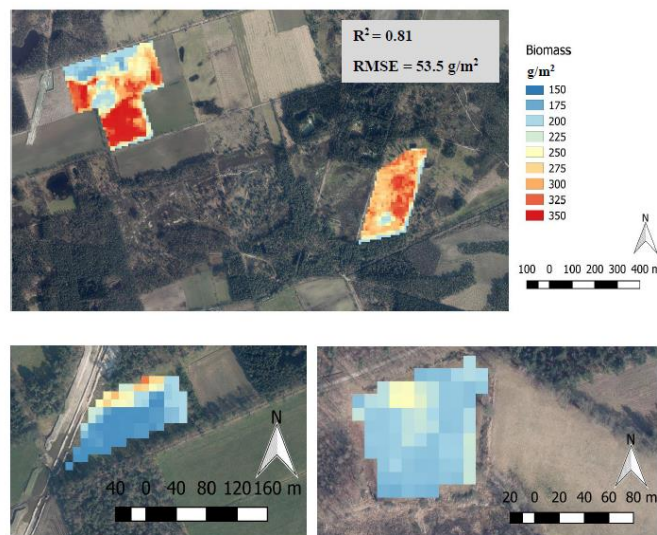
5.2.2.2 Piekbiomassa

In 90 plots van 3m x 3m werden in 2016, op het moment van piekbiomassa, biomassastalen genomen in drie subplots van 50 cm x 50 cm. Deze plots lagen verspreid over drie studiegebieden - het Zwin, Landschap De Liereman en de Doode Bemde - in percelen waarvan

Doode Bemde



Landschap De Liereman



Figuur 23 Kaart van de geschatte piekbiomassa in de graslanden van elk studiegebied Zwin.

5.2.3 Satellietbeelden voor veranderingsdetectie en -karakterisatie

5.2.3.1 Veranderingsdetectie voor updaten van de BWK

De Biologische Waarderingskaart (BWK) is een gebiedsdekkende inventarisatie van het biologische milieu en de bodembedekking van Vlaanderen, en als dusdanig een bron van gegevens voor ecologisch onderzoek en natuurbeleid.

Deze dataset wordt momenteel enkel nog geactualiseerd binnen de 38 Speciale BeschermingsZones (SBZ), zoals afgebakend binnen de context van het Europese Natura 2000-netwerk. Dit wordt aangevuld met een aantal gekende locaties waar Natura 2000-habitattypes voorkomen buiten die zones.

In de rest van Vlaanderen is de huidige versie van de BWK nog steeds grotendeels gebaseerd op veldgegevens van meer dan 20 jaar geleden.

Omdat er niet voldoende mensen en middelen zijn voor gebiedsdekkende veldcampagnes, en al zeker niet voor deze met een herhalingsjijd van minder dan 20 jaar, wordt onderzocht of met behulp van remote sensing een kortere updatetermijn haalbaar is, bv. door het focussen van de inspanningen op het terrein naar die gebieden waar er indicatie is van een mogelijke verandering.

De veranderingsdetectieprocedure die in dit kader ontwikkeld wordt heeft tot doel de locaties te detecteren waar het biologische milieu en/of de bodembekking in die mate veranderd zijn dat de kans groot is dat de BWK dient aangepast te worden.

Sentinel2-beelden vormen de belangrijkste bron van invoerdata voor deze procedure. Twee beelden, op een vergelijkbaar moment in het seizoen maar in verschillende jaren opgenomen, worden omgezet in een rasterstack en deze twee stacks worden gecombineerd voor het berekenen van bitemporale veranderingsindices.

Vier veranderingsindices werden berekend, volgens de MIICA (Multi-index Integrated Change Analysis) procedure van Jin et al. 2013. Deze indices zijn beschreven in Tabel 3.

Tabel 3 De MIICA-veranderingsindices gebruikt in de veranderingsprocedure. $B_{1,i}$ en $B_{2,i}$ zijn de reflectantie van Sentinel2-band i respectievelijk op het moment vóór (pre-change) en op het moment ná (post-change) de verandering.

Index	Formule
dNBR (differenced Normalized Burn Ratio)	$dNBR = \frac{(B_{1,B08} - B_{1,B12}) / (B_{1,B08} + B_{1,B12}) - (B_{2,B08} - B_{2,B12}) / (B_{2,B08} + B_{2,B12})}{1}$
dNDVI (differenced Normalized Difference Vegetation Index)	$dNDVI = \frac{(B_{1,B08} - B_{1,B04}) / (B_{1,B08} + B_{1,B04}) - (B_{2,B08} - B_{2,B04}) / (B_{2,B08} + B_{2,B04})}{1}$
CV (Change Vector)	$CV = \sum_i (B_{1,i} - B_{2,i})^2$
RCVMAX (Relative Change Vector Maximum)	$RCVMAX = \sum_i [(B_{1,i} - B_{2,i}) / \max(B_{1,i}, B_{2,i})]^2$

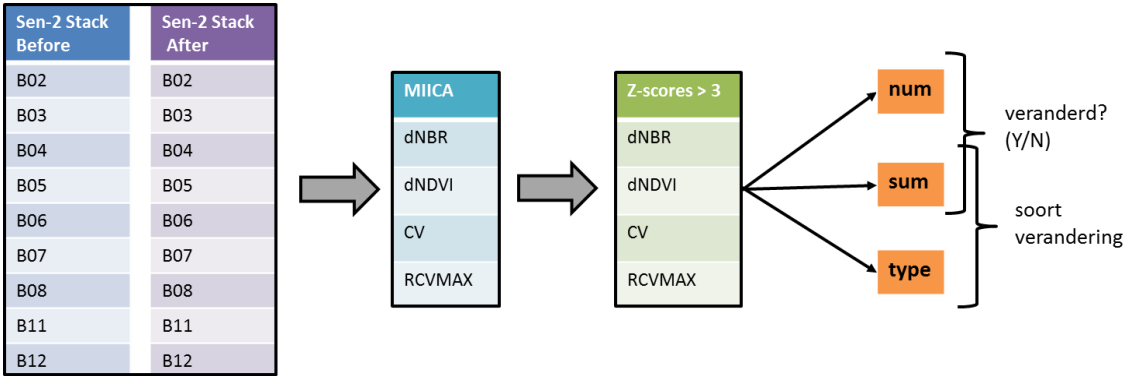
Elke pixel krijgt dus vier waarden toegekend, één voor elke MIICA-index.

De hypothese is dat pixels die zich afwijkend gedragen met grote waarschijnlijkheid veranderd zijn. Daarom werd voor een outlier-analyse gekozen om veranderingen op te sporen. Een methode om outliers op te sporen is op basis van hun Z-score, die aangeeft hoeveel standaardafwijkingen elk element verwijderd is van het gemiddelde van de verdeling. De drempelwaarde voor het behouden van pixels als 'mogelijk veranderd' werd voorlopig op 3 gezet, maar deze waarde dient gekalibreerd te worden om de balans tussen omissie- en commissiefouten³ te optimaliseren. Z-scores kleiner dan 3 werden gelijkgesteld aan 0. Daarna werden uit de Z-scores drie overkoepelende waarden berekend voor elke pixel: (a) het aantal

³ Omissiefouten zijn wijzigingen op het terrein die ten onrechte niet opgepikt werden door de analyse ('false negatives'). Commissiefouten zijn vermeende wijzigingen volgens de analyse, die in werkelijkheid geen wijziging blijken te zijn ('false positives'). Een 'strengere' analyse (hogere Z-score) zal minder onterechte wijzigingen aanduiden (minder commissiefouten), maar meer werkelijke wijzigingen over het hoofd zien (meer omissiefouten). Voor een minder strenge analyse (lagere Z-score) geldt het omgekeerde. Bij een optimale Z-score zijn beide types fouten in balans en is het totale foutenaantal minimaal.

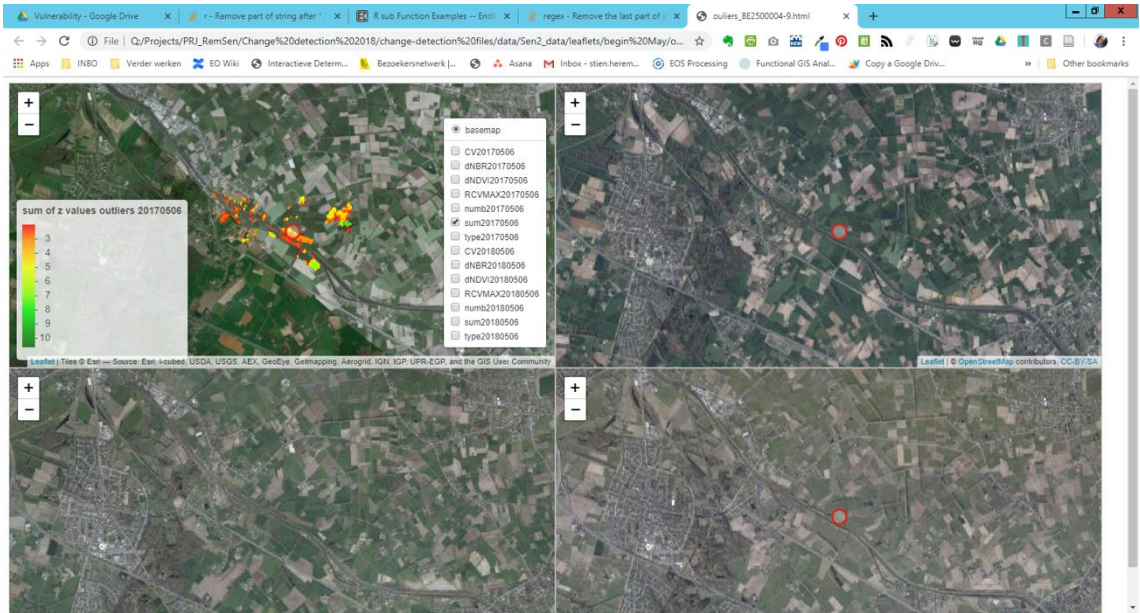
Z-scores > 3 (= num), (b) de som van de Z-scores > 3 (= sum) en (c) een binair getal dat in elke bit aangeeft of de waarde van de bijbehorende index al dan niet > 3 is (= type). Daarbij is bit 1 = dNBR, bit 2 = dNDVI, bit 3 = CV en bit 4 = RCVMAX.

Het uiteindelijke doel is thresholds te identificeren voor de overkoepelende waarden num en sum, die toelaten veranderde van niet-veranderde pixels te onderscheiden. Bovendien kan de waarde van type, mogelijk gecombineerd met sum, potentieel een indicatie geven van de soort van verandering die heeft plaatsgevonden. Een overzicht van de volledige procedure is weergegeven in Figuur 24.



Figuur 24 Een visueel overzicht van de veranderingsdetectieprocedure.

Voor elke SBZ in Vlaanderen werd een bestand aangemaakt waarin de gebruiker vier vensters te zien krijgt, één met vier MIICA-indices en de drie overkoepelende waarden, de drie andere met telkens een middenschalgige orthofoto van hetzelfde gebied. Wanneer de gebruiker het weergavegebied aanpast in één venster, passen de andere vensters zich automatisch aan. Dit type bestand kan gebruikt worden voor verfijnen van drempelwaarden, ter validatie en uiteindelijk ter voorbereiding van veldwerk om vermoedelijke veranderingen te verifiëren en de BWK op die locaties te updaten. Figuur 25 bevat een screenshot van een dergelijke file.

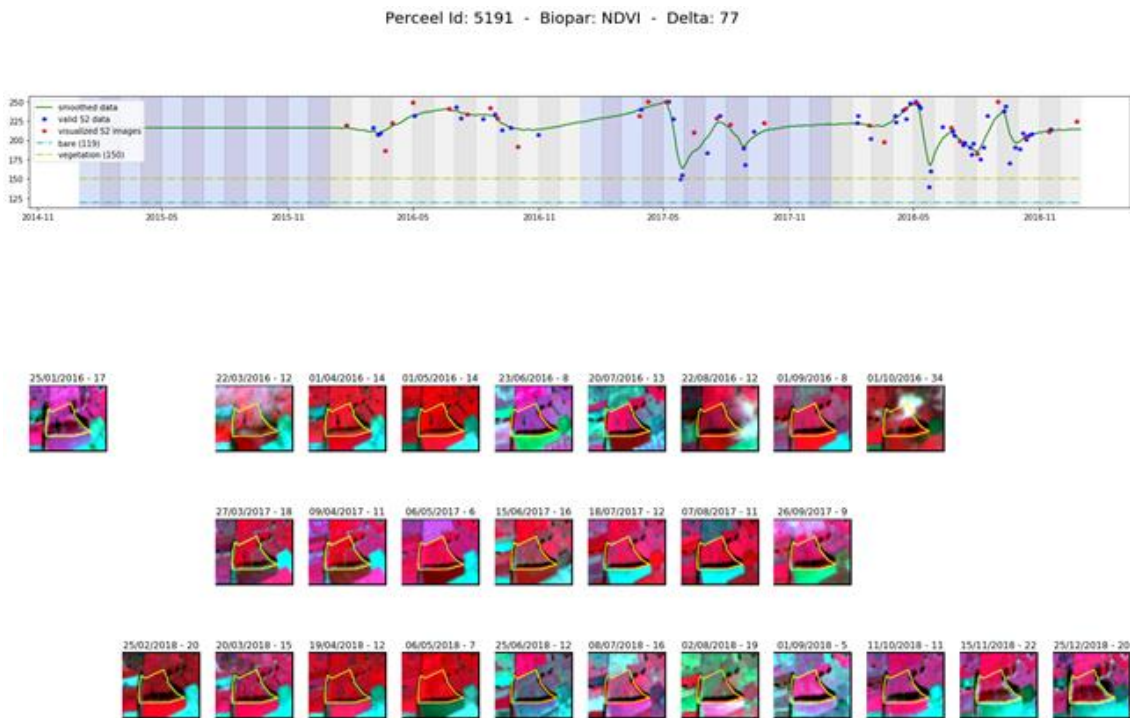


Figuur 25 Een screenshot van een paneel met de resultaten van de veranderingsdetectieprocedure voor de periodes mei 2016-mei 2018 en mei 2017-mei 2018 (linksboven), en de middenschalgige orthofoto's van 2016 (rechtsboven), 2017 (linksonder) en 2018 (rechtsonder).

In het academiejaar 2019-2020 zal een masterthesis aan KU Leuven onderzoeken hoe de procedure verder verfijnd kan worden en hoe operationele inzet gefaciliteerd kan worden. Mogelijkheden zijn: (a) het uitbreiden van het aantal indices, (b) een stratificatie van de outlierdetectie naar het type landgebruik, (c) een outlierdetectie die meer focust op de lokale omgeving van de pixels, en (d) het integreren van SAR-beelden, zodat het volledige temporeel profiel de (beperkt in aantal) individuele opnamemomenten kan vervangen.

In 2013 werd, op basis van visuele interpretatie van orthofoto's en een gerichte veldcampagne, door INBO een databank van de HPG's in de Polders aangemaakt (De Saeger et al. 2013). Voor de rest van Vlaanderen werd een indicatieve databank met HPG's geëxtraheerd uit de BWK.

Hiervoor werden in een eerste fase twee visuele hulpinstrumenten ontwikkeld: de TS Viewer en de Parcel Inspector. De TS Viewer combineert een tijdsreeks van gemiddelde NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) per perceel met een ruimtelijk expliciete visualisatie van de NDVI voor het minst bewolkte beeld van elke maand (Figuur 26). De Parcel Inspector is gebaseerd op de [CropSAR](#) technologie en geeft een tijdsreeks van de gemiddelde fAPAR (fraction of absorbed photosynthetically active radiation) (Figuur 27).



Figuur 26 Een illustratie van de TS Viewer voor perceel 5191 uit de HPG-databank van de Polders.



Figuur 27 Een illustratie van de Parcel Inspector voor perceel 5191 uit de HPG-databank van de Polders.

5.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

Gedetailleerde karakterisatie van LSVI-indicatoren met RPAS-beelden is mogelijk, maar om dit op een operationele manier toe te passen over Vlaanderen, zijn een groot aantal RPAS-beelden noodzakelijk, wat het operationele karakter van deze toepassing momenteel beperkt. Wanneer een vloot van RPAS-platformen, bij voorkeur uitgerust met een RGB-NIR camera, beschikbaar komt voor de Vlaamse Overheid kan deze proof-of-concept tot een semi-automatische verwerkkingsketen uitgewerkt worden.

////////////////////////////////////

Voor het gebruik van de Sentinel-satellietbeelden in de richting van veranderingsdetectie is de potentie duidelijk aangetoond; we staan nu in de startblokken voor het uitwerken van operationele processen.

5.4 STERKTE-ZWAKTE ANALYSE

- Mogelijkheid om data over een groot gebied in te winnen in een zeer beperkte tijdsperiode: dit geeft een 'snapshot' van de toestand op een bepaald moment voor een groot gebied.
- Mogelijkheid tot vlakdekkende metingen van kwantitatieve variabelen (i.t.t. steekproeven, waar interpolatie nodig is voor een vlakdekkende kaart).
- Mogelijkheid tot frequente herhaling van data-inwinning en dus potentieel een snellere actualisatie (die laatste weliswaar ook afhankelijk van de verwerkingssnelheid).
- Data-inwinning is in principe vrij van a priori interpretatie (bv. categorieën kunnen achteraf vastgelegd en indien nodig nog gewijzigd worden).
- Beschikbaarheid van een beeldarchief (terugkijken in de tijd is mogelijk, zij het met de beperkingen van de technologie van die tijd).

- Vereist gespecialiseerde kennis.
- Vereist geschikte apparatuur (voor opslag, verwerking,...).
- Link met aanwezige plant-/diersoorten op een locatie minder direct.
- Sommige toepassingen zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van een (uitgebreide) set grondmetingen ('ground truth').

- Gratis aanbod van satellietdata van de Europese Sentinel-familie.
- Groeiend aanbod van drone-operatoren (bv. raamcontract Facilitair Bedrijf), ook intern Vlaamse overheid (droneteams).
- Combinatie van optische en radarbeelden: VITO werkt aan CropSAR, een software waarmee gaps in de optische tijdsreeksen ingevuld worden a.h.v. radarbeelden. Indien dit beschikbaar komt voor de Vlaamse eindgebruiker, kan dit de input voor veranderingsdetectie en ook graslandmonitoring aanzienlijk verbeteren.
- Continue variabelen (indicatoren) ter beschikking stellen voor beleid, waarmee beleidsdoelen geëvalueerd kunnen worden en monitoringsprocedures gevoed.

5.4.4 Bedreigingen

- Door evoluties in de technologie voortdurende bijstelling van workflows (kan vergelijkbaarheid in de tijd moeilijker maken).
- Kosten voor operationeel uitrollen (servers, rekenmachines,...).

5.5 OUTPUT

- KU Leuven masterthesis Rob Hillen 2017-2018: zie [hier](#)
- Poster startersdag Rob Hillen 2018: zie [hier](#)
- KU Leuven masterthesis Jordy Knoop 2018-2019: zie [hier](#)
- Poster startersdag Jordy Knoop 2019: zie [hier](#)
- KU Leuven masterthesis Sam Medart 2016-2017: zie [hier](#)
- Presentatie startersdag Sam Medart 2017 (prijs beste presentatie)
- Poster Living Planet Symposium 2019:
 - Heremans S., Vanden Borre J., Paelinckx D. 'Detecting land-system changes in N-2000 sites from Sentinel-2 and Planet data'
 - Zie [hier](#)
- GitHub R code change detection: zie [hier](#)
- Open data:
 - Vanden Borre J., Pauly K., Van Hoey S., De Reu J., Desmet P. 2019. Orthophotos and DSMs derived from RPAS flights over the nature reserve Averbode Bos & Heide in Flanders, Belgium. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2654620>
 - Vanden Borre J., Pauly K., Van Hoey S., De Reu J., Desmet P. 2019. Orthophotos and DSMs derived from RPAS flights over the nature reserve Kalmthoutse Heide in Flanders, Belgium. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3057592>
 - Vanden Borre J., Pauly K., Van Hoey S., De Reu J., Desmet P. 2019. Orthophotos and DSMs derived from RPAS flights over the nature reserve Zwin in Flanders, Belgium. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3096021>
 - Vanden Borre J., Pauly K., Van Hoey S., De Reu J., Desmet P. 2019. Orthophotos and DSMs/DTM derived from RPAS flights over the nature reserve Landschap De Liereman in Flanders, Belgium. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3063335>

5.6 REFERENCES

De Saeger S., Louette G., Oosterlynck P., Paelinckx D., Hoffmann M. 2013. Historisch Permanent Grasland in de landbouwstreek 'Polders' anno 2013: technisch rapport campagne 2013. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2013.896909). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Immitzer M., Vuolo F., Atzberger C. 2016. First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe. *Remote Sensing* 8 (3): 166–166. <https://doi.org/10.3390/rs8030166>.

Jin S., Yang L., Danielson P., Homer C., Fry J., Xian G. 2013. A Comprehensive Change Detection Method for Updating the National Land Cover Database to circa 2011. *Remote Sensing of Environment* 132 (May): 159–75. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.01.012>.

Oosterlynck P., De Saeger S., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B., Wouters J., Paelinckx D. 2018. Criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen in Vlaanderen. Basisinstrumentarium ter bepaling van de mate van instandhouding van habitatlocaties a.d.h.v. indicatoren voor structuur, vegetatieontwikkeling, verstoringsindicatoren en ruimtelijke context. Versie 3.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2018, niet gepubliceerd). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

T'jollyn F., Demolder H., De Saeger S., Leyssen A., Thomaes A., Wouters J., Bosch H., Paelinckx D., Hoffmann M. 2009. Ontwikkeling van criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen: versie 2.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2009.46). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Zwaenepoel A. 2000. Veldgids: 'Ontwikkeling van botanisch waardevol grasland in West-Vlaanderen'. Provincie West-Vlaanderen, Brugge.

6 VERFIJNING LEEFGEBIEDENBENADERING IN HET KADER VAN PASSENDE BEOORDELING

Dirk Maes

6.1 DOELSTELLING

Met het online-instrument [voortoets](#) wil het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) aan initiatiefnemers de mogelijkheid bieden om op voorhand in te schatten wat de mogelijke implicaties zijn van een voorgenomen vergunningsplichtige activiteit op een Speciale Beschermingszone (SBZ). Aan de hand van deze screening kan de initiatiefnemer nagaan of het risico bestaat op een betekenisvolle aantasting van de actuele en potentieel te realiseren habitats. In een verdere fase van de uitwerking kan dit ook voor de soorten die voorkomen in Speciale Beschermingszones en/of leefgebieden van Habitatrichtlijn- en Vogelrichtlijnsoorten. Als de voortoets aangeeft dat er een risico op een betekenisvolle aantasting is, dan moet de initiatiefnemer geen passende beoordeling opmaken, is verder onderzoek door de initiatiefnemer in overleg met het ANB aangewezen om te bepalen of er effectief een betekenisvolle aantasting kan zijn of welke maatregelen aangewezen zijn om deze aantasting te vermijden of te verminderen. Dit moet uitwijzen of een passende beoordeling alsnog vereist is. Een voortoets geeft in geval van een mogelijk risico ook aan wat de focus moet zijn van een eventuele passende beoordeling. Om na te gaan welke soorten gevoelig zijn voor de verschillende mogelijke typen van ingrepen maken we gebruik van een mechanistische leefgebiedenbenadering die moet toelaten om op een wetenschappelijk onderbouwde manier potentiële leefgebieden voor soorten af te bakenen. Op die manier kunnen we nagaan of mogelijke ingrepen overlappen met potentiële leefgebieden van prioritaire soorten in het Vlaamse natuurbeleid (Habitat- en Vogelrichtlijnsoorten, Vlaams prioritaire soorten, habitattypische soorten, soorten van de Ramsarconventie ...). Dit project draagt bij tot de operationalisering van een systeem dat het uitvoeren van een passende beoordeling ondersteunt (Louette et al. 2011) en kadert in het toepassen van een evidence-based beleidsondersteuning (Louette et al. 2015).

6.2 RESULTATEN

De potentiële leefgebiedenbenadering werd voor het eerst toegepast naar aanleiding van de voortoets (Maes et al. 2015a,b). Met behulp van de GeoDynamix toolbox van het Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO) kan het ecologisch profiel van soorten vertaald worden naar potentieel geschikte locaties in Vlaanderen. De basiskaart voor deze tool is de Biologische Waarderingskaart (BWK). Door het gebruik van kwantitatieve criteria voor de benodigde oppervlakte van verschillende biotooptypen en de afstanden ertussen wordt door de toolbox berekend waar aan deze criteria wordt voldaan. De toetsing van de berekende kaarten gebeurt, indien mogelijk, aan de hand van de gekende verspreiding van de soort en in een iteratief proces worden de gebruikte criteria (biotooptype, oppervlakten, afstanden, ...) aangepast met behulp van actuele waarnemingen om zo de potentiële verspreiding zo goed mogelijk te kunnen inschatten. Op basis van de criteria voor het bepalen van de lokale staat van instandhouding (habitatrichtlijnsoorten: Lommaert et al. 2017; vogelrichtlijnsoorten: Vermeersch et al. in druk) werd voor elke soort een ecologisch profiel opgesteld dat de leefgebiedvereisten van de soort beschrijft op basis van kwalitatieve (bv. welke biotopen) en kwantitatieve informatie (bv. minimaal noodzakelijke oppervlakte per biotooptype, maximale

6.3.2 Gebruik van potentiële leefgebiedenkaarten

De potentiële leefgebiedenbenadering biedt verschillende toepassingsmogelijkheden in het Vlaamse natuurbeleid- en behoud (Maes et al. 2017a):

- **Zoekkaart:** potentiële leefgebiedenkaarten van soorten waarvan de ecologie relatief goed gekend is, maar de verspreiding niet, kunnen gebruikt worden om gerichte bijkomende inventarisaties uit te voeren. Met behulp van deze zoekkaarten kunnen vrijwilligers of professionals zeer gerichte inventarisaties uitvoeren op de meest potentierijke plekken.
- **Natuurbeheer:** de Vlaamse Overheid werkt momenteel een nieuw kader uit voor de subsidiëring van natuurbeheer. Daarbij wordt de mogelijkheid voorzien om leefgebieden van soorten als natuurstreefbeeld op te nemen. Voor een aantal soorten wordt ook voorzien in extra subsidies voor soortspecifiek beheer. Aan de hand van de potentiële leefgebiedenkaarten kan nagegaan worden waar het zinvol is om bepaalde soorten als doelsoorten hiervoor te kiezen.
- **Herintroducties:** potentiële leefgebiedenkaarten kunnen ook helpen bij het zoeken naar geschikte locaties voor een mogelijke herintroductie of translocatie van een bedreigde soort, al dan niet in het kader van een soortbeschermingsprogramma.
- **Afbakening natuurgebieden:** potentiële leefgebiedenkaarten zijn eigenlijk een aaneenschakeling van rastercellen met een resolutie van 20 m x 20 m. Voor elk van deze rastercellen geeft het gebruikte script aan of ze geschikt is voor een soort of niet (1 = geschikt, 0 = ongeschikt). Door de verschillende waarden per rastercel op te tellen, krijg je een beeld van welke cellen voor meerdere soorten potentieel geschikt zouden kunnen zijn. Dit kan gebruikt worden voor het bepalen van prioriteiten bij het afbakenen van te beschermen gebieden.
- **Beheer- of beleidsscenario's:** Het gebruik van soortprofielen en mechanistische modellen laat toe om de uitkomst van verschillende mogelijke beheer- of beleidsscenario's te bekijken. Wanneer bv. kaarten gebruikt worden van een streefbeeld voor een gebied, dan laat de gdx-toolbox toe om het gemaakte script toe te passen op deze toekomstkaart en te berekenen of dit meer of net minder potentieel leefgebied voor een bepaalde doelsoort zou opleveren (Maes et al. 2019).
- **Ontsnipperingstool:** deze tool biedt een modelmatige aanpak om leefgebieden langs verkeersinfrastructuur in Vlaanderen te ontsnipperen. Het helpt bij het bepalen waar ontsnipperingsmaatregelen zinvol zijn en welke locaties daarbij de hoogste prioriteit hebben. Grote wegen, spoorwegen en waterwegen doorsnijden het potentiële leefgebied van soorten en kunnen daardoor belangrijke barrières vormen die het leefgebied opdelen in kleinere fragmenten.

6.3.3 Prioritaire soorten buiten Speciale Beschermingszones

Nogal wat soorten (bv. vogels en zoogdieren van het landbouwgebied), die vaak in voedselrijkere graslanden of akkers voorkomen, hebben een groot deel van hun potentieel leefgebied buiten speciale beschermingszones. Binnen de speciale beschermingszones wordt vooral gestreefd naar habitats van de annexen van de Habitatrichtlijn en niet naar agrarische habitats of kleinschalige gemengde landschappen. Dit toont eens te meer het belang van een aangepast en complementair natuurbeheer in gebieden buiten de speciale beschermingszones voor dergelijke soorten. Potentiële leefgebiedenkaarten kunnen aangeven waar bepaalde soorten, die momenteel uit de boot vallen, bij voorkeur meer aandacht zouden kunnen krijgen.

6.3.4 Verfijnen en uitbreiden van gebiedsdekkende ecologische kaarten

Voor sommige soorten was het nog niet mogelijk om voldoende waarheidsgetrouwe potentiële leefgebiedenkaarten op te maken. Diverse oorzaken liggen aan de basis hiervan. Enkele van de vogelsoorten zijn weinig kritisch inzake foerageergebied waardoor bijzonder grote delen van Vlaanderen afgebakend zouden moeten worden als potentieel leefgebied (bv. Blauwe kiekendief, Kleine mantelmeeuw, Kokmeeuw, Slechtvalk en Stormmeeuw). Bij de vissen was het voor negen Habitatrichtlijnsoorten (Atlantische zalm, Beekdonderpad, Beekprik, Bittervoorn, Fint, Grote modderkruiper, Kleine modderkruiper, Rivierdonderpad en Rivierprik) en twee Vlaams prioritaire soorten (Barbeel en Paling) niet mogelijk om leefgebiedenkaarten af te bakenen omdat gedetailleerde hydromorfologische informatie over waterlopen momenteel niet gebiedsdekkend beschikbaar is. Ook voor libellen van stromend water kunnen we om dezelfde redenen momenteel onvoldoende verfijnde leefgebiedenkaarten maken. Voor vleermuizen ontbreken er dan weer voldoende gedetailleerde kaartlagen voor het bepalen van de voortplantings- (bv. holten in bomen en kerkzolders) en foerageergebieden (bv. kleine landschapselementen), maar is ook kennis over de ecologie, mobiliteit en verspreiding van de soorten tijdens de zomermaanden nog vrij onvolledig. Om de potentiële leefgebiedenkaarten nog verder te kunnen verfijnen, zijn er 2 mogelijke verbeterpunten: 1) onderzoek uitvoeren naar de ecologie van de soorten om zo het ecologisch profiel beter te kunnen beschrijven en 2) het aanmaken van meer gedetailleerde en geactualiseerde, maar ook nieuwe kaartlagen die verrasterd kunnen worden voor gebruik in de GeoDynamix toolbox. We denken hierbij bijvoorbeeld aan gebiedsdekkende kaarten met de intensiteit of het type natuurbeheer, microklimaat, vegetatiestructuur, kleine landschapselementen, hydrologie, milieukwaliteit, structuur van waterlopen, enzovoort.

6.4 OUTPUT

6.4.1 Rapporten

Maes D., Adriaens D., Van der Meulen M., Poelmans L., Anselin A., Casaer J., De Knijf G., Devos K., Packet J., Speybroeck J., Stienen E.W.M., Stuyck J., Thomaes A., T'Jollyn F., Van Daele T., Van Den Berge K., Van Elegem B., Van Landuyt W., Vermeersch G., Wils C., Pollet M. 2015a Afbakenen van potentiële leefgebieden voor Europese en Vlaamse prioritaire soorten in het kader van de voorttoets: versie 2.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.10201559. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Maes D., Anselin A., De Knijf G., Denys L., Devos K., Gouwy J., Leyssen A., Packet J., Pauwels I., Pollet M., Speybroeck J., Stienen E.W.M., Thomaes A., T'Jollyn F., Van Den Berge K., Van Landuyt W., Van Thuyne G., Vermeersch G., Verhaeghe F. 2017b Afbakenen van actueel relevant potentieel leefgebied voor een selectie van Europees prioritaire soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (30). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. <https://doi.org/10.21436/inbor.12602606>

Maes D., Everaert J., Decler K., De Knijf G., Scheppers T., Speybroeck J., Thomaes A., T'Jollyn F., Van Den Berge K., Verhaeghe F. 2016 Afbakenen van actueel relevante potentiële leefgebieden voor een selectie van habitattypische en Europese en Vlaamse prioritaire diersoorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2016.11534907. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. <https://doi.org/10.21436/inbor.11534907>

Maes D., van der Meulen M., Verhaeghe F., Bot J., Defoort T., Poelmans L., Adriaens D., De Knijf G., Devos K., Packet J., Speybroeck J., Stienen E., T'Jollyn F., Van Den Berge K., Van

////////////////////////////////////

Maes D., Wils C., Anselin A., Belpaire C., Casaer J., De Knijf G., Devos K., Dhondt P.-J., Gyselings R., Packet J., Speybroeck J., Stienen E.W.M., Stuyck J., Thomaes A., T'jollyn F., Van Den Berge K., Van Landuyt W., Van Thuyne G., Vermeersch G., Verreycken H., Pollet M. 2015b Afbakenen van potentiële leefgebieden voor Europese en Vlaamse prioritaire soorten in het kader van de voortoets: versie 1.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.6960681. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

6.4.2 Artikel

6.4.3 Lezingen

6.4.4 Instrumenten

6.5 REFERENCES

Leyssen A., Denys L., De Saeger S. 2018. Indicatieve situering van het Natura 2000 habitattypen 3260. Submontane en laaglandrivieren met vegetaties behorend tot het Ranunculion fluitantis en het Callitriche-Batrachion. Uitgave 2018 (versie 1.6). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (72). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. <https://doi.org/10.21436/inbor.15138370>

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.8193367. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Louette G., Adriaens D., Adriaens P., Anselin A., Devos K., Sannen K., Van Landuyt W., Paelinckx D., Hoffmann M. 2011. Bridging the gap between the Natura 2000 regional conservation status and local conservation objectives. *Journal for Nature Conservation* 19(4): 224-235. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2011.02.001>

Louette G., Adriaens D., Paelinckx D., Hoffmann M. 2015 Implementing the Habitats Directive: How science can support decision making. *Journal for Nature Conservation* 23(1): 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.12.002>

Vermeersch G., Adriaens P., Boone N., Pollet M. (in druk) Criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Vogelrichtlijnsoorten, versie 2.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

7 MONITORINGTECHNIEKEN VOOR MOEILIK OP TE VOLGEN, WAARNEEMBARE OF TE REGISTREREN SOORTEN

Luc De Bruyn, Ralf Gyselings, Arno Thomaes, Koen Van Den Berge & Jo Packet

7.1 DOELSTELLING

Voor de monitoring van beleidsrelevante soorten in Vlaanderen werden in 2013 en begin 2014 blauwdrukken door het INBO uitgewerkt. Voor een aantal soorten was dit niet mogelijk. Ofwel was de verspreiding onvoldoende gekend ofwel stond de methodologie nog niet op punt. Het betrof de verschillende vleermuissoorten, enkele amfibieën, enkele kever- en molluskensoorten, en de otter. Voor deze soorten focuste het onderzoek zich op het verzamelen van informatie die moet toelaten op termijn duurzame monitoringsmethoden voor deze soorten te ontwikkelen en/of de leefgebieden van deze soorten nauwkeuriger te bepalen. Het doel van het onderzoek naar amfibieën was het ontwikkelen van environmental-DNA (eDNA) technieken. Deze zullen meer in detail besproken worden in het hoofdstuk 'Monitoringstechnieken soorten, partim voorkomen van soorten'.

7.2 RESULTATEN

7.2.1 Vleermuizen

7.2.1.1 Overwintering

Voor een groot deel van de vleermuissoorten zijn de G-IHD gebaseerd op het aantal overwinterende vleermuizen. Voor hun overwintering zijn zij gebonden aan strikte, soortspecifieke temperaturen. Door klimaatveranderingen stijgen de wintertemperaturen waardoor deze optimale overwinteringscondities in het gedrang komen. Daarom werd een methode ontwikkeld voor simultane monitoring van de vleermuizen en de heersende temperaturen in hun overwinteringsobjecten. Dit maakt het mogelijk om via tijdsreeksen de invloed van klimaatsveranderingen op de vleermuizen vast te stellen. In tweede instantie worden modellen ontworpen om deze tijdsreeksen van temperatuursmetingen te analyseren. Daarbij wordt de binnentemperatuur gerelateerd aan de buitentemperatuur en de fysische karakteristieken van het overwinteringsobject (mate van isolatie en luchtstroom). Deze modellen laten niet alleen toe om effecten van temperatuurveranderingen te kwantificeren, maar de modellen kunnen ook aangewend worden om door verbouwingen de isolatiegraad en/of luchtstromingen aan te passen in een object om zo de overwinteringstemperatuur te optimaliseren. De opgestelde modellen werden reeds aangewend in een advies naar Regionaal Landschap de Voorkampen, adviezen naar ANB voor de optimalisatie van het fort van Duffel als vleermuizenverblijfplaats en voor de bouw van een overwinteringsobject voor ingekorven vleermuis op het domein van het Fort van Liezele. De modellen zullen ook verder ingezet worden als ondersteuning van de realisatie van het SBP vleermuizen.

7.2.1.2 Leefgebieden

Tot op heden is het niet mogelijk gebleken om (potentiële) leefgebieden af te bakenen voor vleermuizen. Daarom werd onderzoek verricht naar soortspecifieke vereisten die vleermuizen

stellen aan de gebieden waar ze voedsel gaan zoeken en vliegroutes die vleermuizen gebruiken om van hun slaappleatsen (al dan niet voortplantingskolonies) naar deze foerageergebieden te vliegen. Het afbakenen van leefgebieden maakt het mogelijk om een monitoringsnetwerk uit te werken waarbij vleermuisaanwezigheid en activiteit wordt opgemeten aan de hand van automatische batdetectoren. Deze kunnen opgesteld worden op vaste telpunten of worden gebruikt door met de auto langs vaste routes (transecten) te rijden. In dit laatste geval worden GPS-coördinaten opgenomen bij de opnames van de vleermuissonar zodat die kan toegewezen worden aan het opnamepunt. Met de resultaten en literatuurgegevens worden landschapsmodellen geconstrueerd die moeten voorspellen hoe de vleermuizen vliegen. De opgestelde landschapsmodellen werden ondertussen reeds aangewend op vraag van de VLM voor het opstellen van potentiële ecologische verbindingen in het gebied de Merode – Herselt. De VLM past nu deze modellen toe om de verbindingen in het gebied de Merode te verbeteren. Deze modellen kunnen in de toekomst ook ingezet worden in andere gebieden om de connectiviteit voor vleermuizen te verbeteren.

7.2.1.3 Kerkzolders

Een aantal vleermuissoorten hebben kolonies op kerkzolders. Monitoring van dergelijke plaatsen is echter gevaarlijk. Veel kerkzolders zijn immers open en/of de constructie van de zolders is niet erg stevig. Daarom werd een methode ontwikkeld om kerkzoldermonitoring uit te voeren met eDNA-analyses van vleermuiskeutels. Deze keutels kunnen op een eenvoudige manier verzameld worden zonder halsbrekende toeren uit te voeren. Meer details over deze methode worden gegeven in het deel 'Monitoringstechnieken ivm populatieschattingen, partim populatie-genetisch onderzoek ter bepaling van populatiegroottes'.

7.2.2 Slakken

De verspreiding van de vier habitatrictlijnsoorten onder mollusken, de nauwe korfslak, de zeggekorfslak, de platte schijfhoren en de Bataafse stroommossel is nog niet goed gekend. Voor deze soorten werd een inhaalslag opgezet die de kennishiaten in de verspreiding van deze soorten moet wegwerken. In eerste instantie werd het zoekgebied in Vlaanderen bepaald door het afbakenen van het potentiële leefgebied. Vervolgens werden binnen deze afbakening prioritair te inventariseren gebieden geselecteerd. Voor de geselecteerde gebieden werd een werkwijze opgesteld zodat vrijwilligers op een gestandaardiseerde manier de inventarisatie konden aanvatten. Deze werkwijze werd in 2018 voorgesteld op de jaarlijkse vergadering van verschillende werkgroepen die in Vlaanderen actief zijn. De inspanningen van de werkgroep Slak-In-Du, die de inventarisatie van de mollusken in het duinengebied op zich neemt leverden reeds goede resultaten op in verband met de verspreiding van de nauwe korfslak en de zeggekorfslak.

7.2.3 Kevers

Ook voor de kevers focuste het onderzoek zich op het beter in beeld brengen van de verspreiding en het ontwikkelen van een gestandaardiseerd monitoringnetwerk.

7.2.3.1 Vliegend hert

Voor vliegend hert staat het werk het verst. Geleide wandelingen, voordrachten en enkele persmomenten leverden veel reacties op met heel wat nieuwe meldingen van de soort. Hierdoor en door het afronden van de inhaalslag voor deze soort is de verspreiding nu goed gekend.

Voor de monitoring werd een transect-methode verder geëvalueerd en op punt gesteld. Er werd ook een Europees platform (www.stagbeetlemonitoring.org) beschikbaar gemaakt om

Er werd ook gezocht naar aanvullende methoden voor monitoring. Testen uitgevoerd om vliegende herten te vangen met geurvallen (op basis van gistende suikers) bleken geen succes te hebben bij onze kleine populaties. Het opleiden van snuffelhonden om larven te detecteren in dode bomen gaven wel reeds positieve resultaten. Het was echter nog niet mogelijk om een bruikbare methode op punt te stellen om in het veld toe te passen. De belangrijkste reden hiervoor was dat we niet over genoeg larven beschikten om de honden mee te trainen. Er wordt verder gewerkt om deze methode op punt te stellen.

7.2.3.2 Andere keversoorten

Voor roestbruine kniptor zijn de feromonen gekend om individuen aan te trekken. Deze feromonen werden in opdracht van INBO geproduceerd door een commerciële firma en deze bleken succesvol. Het bleek echter vaak niet evident om de soort op korte termijn met eenvoudige flessenvallen te vangen. Daarom loopt er dit jaar een onderzoek op 5 plaatsen in Vlaanderen waarbij we nagaan hoe lang de vallen moeten blijven hangen om met flessenvallen of trechtersvallen de soort te kunnen vaststellen.

De vermiljoenkever werd in Vlaanderen voor het eerst vastgesteld. Het bleek ook dat deze soort jaarlijks een grote uitbreiding van de het areaal kent.

Naast het in beeld brengen van de verspreiding en het ontwikkelen en op punt stellen van monitoringsnetwerken voor enkele moeilijk waarneembare soorten werd ook gewerkt aan het ontwikkelen van een techniek die voor verschillende soorten kan aangewend worden. Zoals gekend hebben honden een zeer goeie neus. Ze worden dan ook ingezet voor het opsporen van uiteenlopende zaken zoals drugs, vermiste personen en recent ook moeilijk waarneembare diersoorten en zelfs fungi.

7.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

- Verdere inzichten en onderzoek naar het voorkomen van mollusken en hun status in Vlaanderen kunnen leiden tot een herziening van de lijst van te monitoren soorten. Hierin is het opstellen van een verspreidingsatlas voor zoetwatermollusken en landmollusken essentieel. Hieruit volgend kunnen Rode Lijsten worden opgesteld.

Voor Vliegend hert hopen we de huidige monitoring van transecttellingen aan te vullen door het verder ontwikkelen van feromonen en snuffelhonden. Vooral voor de detectie van kleine relictpopulaties en het vaststellen van broedhabitat met larven lijken deze technieken veelbelovend. Dit kan ingezet worden in het kader van het SBP vliegend hert.

7.3.4 Otter

Behalve voor het opsporen van Otter kunnen snuffelhonden mogelijk ook worden ingezet bij andere middelgrote (boommarter, ...) of grote roofdieren (wolf, ...), zodat verdere training en onderhouden van alertheid een betere continuïteit kunnen kennen.

7.4 OUTPUT

7.4.1 INBO rapporten

De Bruyn L., Gyselings R. 2019. Ecologische verbindingen voor vleermuizen in de Merode. Rapporten van het Instituut voor Natuur en Bosonderzoek (INBO), Brussel, Belgium.

Packet J., Provoost S., De Knijf G., Maes D., Piesschaert F., Westra T., Ledegen H. 2018. Inhaalslag mollusken van de Habitatrichtlijn. Hoe komen we tot een betere kennis van hun verspreiding? Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, Belgium.

Thomaes A., Marchand S. 2019. Habitatrichtlijnsoort Vermiljoenkever (*Cucujus cinnaberinus*) als nieuwe soort in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), Brussel, Belgium.

7.4.2 INBO Adviezen

Gyselings R. 2018. Advies over inrichting van de bunkers in het domein Wolvenbos (Kapellen). Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. INBO.A.3704.

Gyselings R., De Bruyn L. 2019. Advies over de optimalisatie van het fort van Duffel als vleermuizenverblijfplaats. Brussel, Belgium: Adviesnummer INBO.A.3666.

Gyselings R., De Bruyn L. 2019. Advies over het bouwen van een winterverblijfplaats voor ingekorven vleermuis en meervleermuis. Brussel, Belgium: Adviesnummer: INBO.A.3751.

Gyselings R., De Bruyn L. 2019. Advies over vleermuisvriendelijke verlichting langs wegen en fietsostrades. Adviesnummer INBO.A.3707, Brussel, Belgium.

Van Den Berge K., Belpaire C., Vanthuyne G. 2019. Advies over de inrichting en het beheer van de Antitankgracht (Brasschaat) i.f.v. de otter. Adviesnummer: INBO.A.3741

Van Den Berge K., Gouwy J. 2019. Advies ter voorbereiding van het soortenbeschermingsprogramma voor de otter. Adviesnummer: INBO.A.3809.

7.4.3 Wetenschappelijke publicaties

A1-artikels

Campanaro A., Zapponi L., Hardersen S., Mendez M., Al Fulaij N., Audisio P., Bardiani M., Carpaneto G.M., Corezzola S., Della Rocca F., Kadej M., Karg J., Rink M., Smolis A., Sprecher E., Thomaes A., Toni I., Vrezec A., Zauli A., Zilioli M., Chiari S. 2016. A European monitoring protocol for the stag beetle, a saproxylic flagship species. *Insect Conservation and Diversity*, 9: 574–584

De Bruyn L., Kokurewicz T., Gyselings R., Apoznański G., Kirkpatrick L. in voorbereiding. Rising temperatures threaten hibernating animals. *Nature Climate Change*.

Kirkpatrick L., Apoznański G., De Bruyn L., Gyselings R., Kokurewicz T. ingediend. Bee markers: A novel method for non-invasive short term marking of bats. *Acta Chiropterologica*.

Kokurewicz T., Gyselings R., Kirkpatrick L., De Bruyn L., Ciechanowski M., Haddow J., Glover A., Schofield H., Schmidt C., Bongers F., Willems W., Rusiński M., Kliś T., Apoznański G., Rachwald

////////////////////////////////////

Thomaes A., Verschelde P., Mader D., Sprecher-Uebersax E., Fremlin M., Onkelinx T., Méndez M. 2017. Can we successfully monitor population density decline of elusive invertebrates? A statistical power analysis on *Lucanus cervus*. *Nature Conservation*, 19: 1-18.

Crevecoeur L., Thomaes A., Hendrickx R. 2017. Eerste waarneming van de habitatrichtlijnsoort
vermiljoenkever *Cucujus cinnaberinus* in Limburg en België! Natuuronderzoek Limburg, 2017:
26-29.

Thomaes A., Leirs H., De Bruyn L. 2017. *Morimus funereus* Mulsant, 1862, a longhorn beetle from the Habitats directive observed in Belgium due to transport for the first time (Coleoptera: Cerambycidae). Bulletin de la Société royale belge d'Entomologie/Bulletin van de Koninklijke Belgische vereniging voor entomologie, 153(3): 203-205.

Vanheuverbeke N., Boers K., De Bruyn L., Gyselings R. 2018. Natuurpunt meet temperaturen en luchtvochtigheid in fortin om overwinterende vleermuizen beter te beschermen. Natuurberichten.

De Ridder J., Sanders D., De Bruyn L. 2013. Vleermuizenonderzoek in de omgeving van het kasteeldomein Klaverblad en de vallei van de Kleine Struisbeek te Wilrijk. Antwerpen, Belgium: Rapport Natuurpunt Zuidrand Antwerpen werkgroep Studie 2013/1.

7.4.5 Thesissen en stageverslagen

Forder B. 2017. Influence of microclimatic conditions on hibernating bats. Antwerpen, Belgium: Masterthesis Universiteit Antwerpen.

Heus M. 2017. The importance of macro- and micro climate on preferred roosting sites for bats in the fortresses around Antwerp. Antwerpen, B.: Masterthesis Universiteit Antwerpen.

Pagina 73 van 125

Malfliet C. 2017. Jaarrond gebruik van hibernacula door vleermuizen: Het fort van Steendorp. Antwerpen, Belgium: Individueel Project Universiteit Antwerpen.

Manzanares Mena L.S. 2018. Habitat fragmentation and bats. Antwerpen, Belgium: Masterthesis Universiteit Antwerpen.

Marchand, S. 2018: Vermiljoenkever (*Cucujus cinnaberinus*) in Vlaanderen: insteken voor het beleid. Leuven, Katholieke Universiteit Leuven.

Michiels F. 2015. Habitat preference of bats in two temperate forests in the north of Belgium. Antwerpen, Belgium: Masterthesis Universiteit Antwerpen.

Stockmans B. 2019. Het opleiden van ecologische zoekhondenteams: Hinderpalen en succesfactoren. Sint-Niklaas, Odisee hogeschool.

Swerts E. 2016. Habitat connectivity for bats in a small scaled agricultural landscape. Antwerpen, Belgium: Masterthesis Universiteit Antwerpen.

Terpelle I. 2016. Het gebruik van honden om larven van *Lucanus cervus* op te sporen. Sint-Niklaas, Odisee hogeschool.

Teunen L. 2015. Het belang van macro- en microklimaat op geprefereerde overwinteringsplaatsen voor vleermuizen in de fortengordel rond Antwerpen. Antwerpen, Belgium: Masterthesis Universiteit Antwerpen.

Van Cauteren D. 2016: De opleiding van een ecologische zoekhond. Roeselare, Katholieke hogeschool Vives.

Verhaeren C. 2017. Thermische ecologie van overwinterende vleermuizen. Antwerpen, Belgium: Individueel project Universiteit Antwerpen.

Wagemakers D. 2019. Winter activity of bats: A field study in the Mastenbos, Flanders. Antwerpen, Belgium: Masterthesis Universiteit Antwerpen.

7.4.6 Voordrachten

De Bruyn L., Gyselings R. 2018. Object characteristics, temperature regimes and roost site selection in hibernating bats., Evolutionary Ecology Research Day, University of Antwerp, Antwerpen, Belgium, 8 February 2018.

De Bruyn L., Gyselings R. 2019. A Connectivity model for Bats in Fragmented Landscapes. 18th International Bat Research Conference 2019, Phuket, Thailand, 28/07 - 1/08 - 2019.

De Bruyn L., Gyselings R., Teunen L. 2017. Het belang en het beheer van microklimaten in winterverblijfplaatsen - L'importance et la gestion des microclimats dans des sites d'hivernage. Vleermuizenstudiedag Natuurpunt, Natagora, Brussel, 18 November 2017.

De Bruyn L., Gyselings R., Teunen L., Heus M. 2017. Structure characteristics, temperature regimes and roost site selection in hibernating bats. 14th European Bat Research Symposium, Donostia, Spain, 1-5 August 2017.

De Bruyn L., Kokurewicz T., Gyselings R., Kirkpatrick L., Glover A., Schofield H., Ciechanowski M., Haddow J., Schmidt C., Bongers F., Willems W., Rusiński M., Kliś T., Apoznański G.,

////////////////////////////////////

8 eDNA GEBASEERDE MONITORING: VAN FUTURISTISCH IDEE NAAR EEN TOEPASBARE METHODE

Rein Brys

8.1 DOELSTELLING

Nauwkeurige inschatting en monitoring van soorten en biodiversiteit is en blijft één van de belangrijkste waardemeters voor de toetsing en afstemming van het biodiversiteitsbeleid. Zowel voor het behoud van biodiversiteit per sé, als voor inschattingen van de kwaliteit van omgevingen (bv. waterkwaliteit) en voor de naleving van internationale verdragen (bv. Europese Kaderrichtlijn Water, Habitatrichtlijn, Scheldeverdragen,...) is het belangrijk dit op de meest adequate, betrouwbare en efficiënte manier te kunnen uitvoeren. Monitoring via veldwaarnemingen is een arbeidsintensieve en soms maar beperkt effectieve methode, die ook voor verbetering vatbaar is, zowel qua efficiëntie als qua effectiviteit. Daarnaast kampen we met een toenemend probleem van oprukkende invasieve soorten, waarbij algemeen geldt dat deze het doeltreffendst en goedkoopst bestreden worden wanneer men aan het begin van de invasie kan ingrijpen. Dit vereist echter een zeer vroege detectie, die met klassieke methodes vaak erg moeilijk realiseerbaar is.

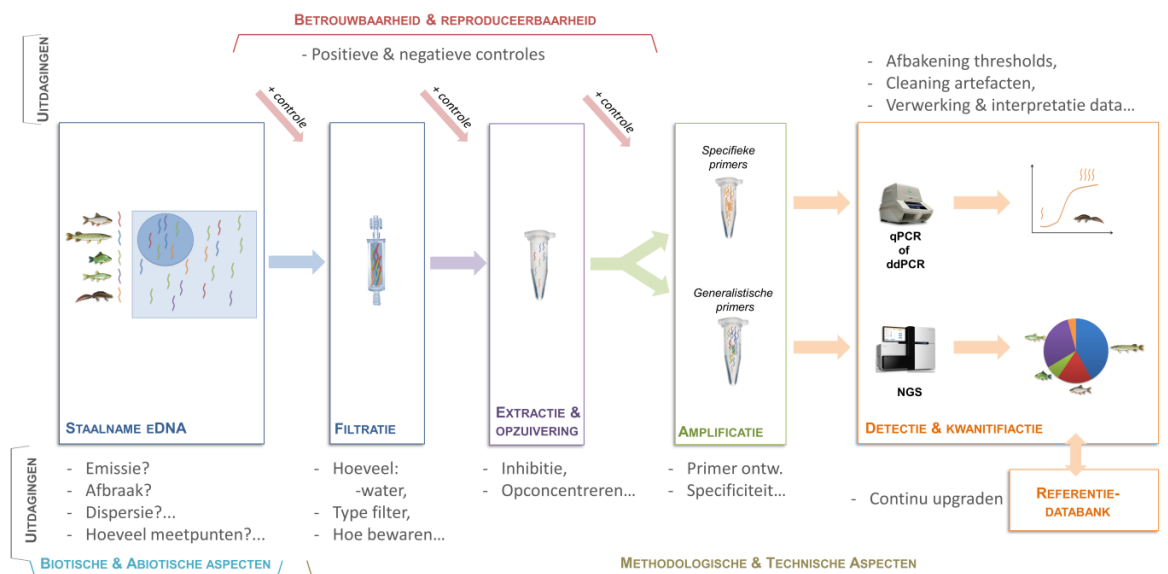
Environmental DNA-onderzoek (eDNA), biedt voor elk van deze facetten de mogelijkheid om zowel voor de detectie als voor de monitoring van soorten en soortengroepen op termijn een enorme winst in nauwkeurigheid en efficiëntie te boeken. Bij aanvang van het project stond de ontwikkeling van deze methoden echter nog in zijn kinderschoenen en waren de potenties en inzetbaarheid, maar ook de mogelijke beperkingen ervan ver van duidelijk. De algemene doelstellingen van dit project waren bij aanvang dan ook:

- Op basis van een **procesgericht stappenplan** eDNA-gerelateerde technieken toepasbaar maken voor aquatische milieus via **ontwikkeling en verfijning van diverse protocollen en strategieën** en dit op het niveau van: (1) staalname, (2) eDNA captatie, (3) DNA extractie en (4) amplificatie, (5) referentiedatabank en (6) uiteindelijke verwerking van de bekomen data.
- Inzichten verkrijgen in de **bepalende factoren** die de gevoeligheid van deze methoden beïnvloeden, zoals **temporele** en **spatiale aspecten**, en dit voor zowel **stilstaande** als **stromende wateren**. Dit heeft als doel om op termijn systeemeigen methoden en bijpassende protocollen uit te kunnen rollen om soorten en/of gemeenschappen via deze methoden kwaliteitsvol en reproduceerbaar in kaart te brengen.
- **INBO** in dit onderzoekdomein **op de kaart zetten**, om zowel op nationaal als internationaal niveau in deze materie een trekkersrol te kunnen vervullen en een belangrijke bijdrage te leveren in de verdere uitbouw en ontwikkeling van deze eDNA-gebaseerde methoden.

8.2 RESULTATEN

Dit onderzoeksproject heeft zich toegespitst op twee grote luiken waarin verschillende deelaspecten vervat zitten: (1) ontwikkeling en verfijning van methodologische en technische

aspecten en (2) inzichten bekomen hoe eDNA zich in ruimte en tijd in aquatische milieus gedraagt (Figuur 28).



Figuur 28 Overzicht en samenhang van elk van de (deel)aspecten die binnen dit eDNA PAS-project werden onderzocht om de mogelijkheden en beperkingen van eDNA-gebaseerde methoden in kaart te brengen.

8.2.1 Methodologische & technische aspecten

8.2.1.1 Van eDNA captatie tot bruikbare DNA extracten

Het capteren van eDNA uit de waterkolom gebeurt vandaag de dag voornamelijk via **filtratie** en is een cruciale stap die het uiteindelijke detectievermogen bepaalt om de aanwezigheid van organismen en hun onderlinge verhoudingen in kaart te kunnen brengen. In de loop van het project werden, door gebruik te maken van natuurlijke stalen en artificieel samengestelde mengstalen, heel wat experimenten uitgevoerd om de resolutie en efficiëntie van variabele filtertypes (zoals Sterivex, Steriltech, Steripak filters etc) te testen. Op basis van deze resultaten weten we nu welk filtertype het meest geschikt is in functie van een welbepaald watertype (zoals troebel versus zuiver, stilstaand versus stromend, etc.) en de vraagstelling van het onderzoek (gevoelige soortendetectie versus gemeenschapsonderzoek). Aangezien het praktisch niet haalbaar is om het proces van eDNA-extractie onmiddellijk uit te voeren na filtratie, werden ook de effecten van verschillende **fixatie-** en **bewaringsmethodes** van het eDNA op deze filters onderzocht, zoals invriezen en/of gebruik maken van bewaringsbuffers. Ook voor de **extractie** van het gecapteerde eDNA werd voor elk van de betreffende filtertypes een passend extractieprotocol ontwikkeld. Als onoverkomelijk bijproduct van het filtratieproces komt vaak een aanzienlijke hoeveelheid **inhibitoren** in het eDNA extract terecht. Afhankelijk van de gevoeligheid van de methode die nadien zal worden gebruikt, dienen deze al dan niet verder **opgezuiverd** te worden waarvoor dan ook diverse opzuiveringsmethoden of -kits uitgetest en geoptimaliseerd zijn. Omdat de processen van DNA-extractie en -opzuivering erg gevoelige meerstaps-processen zijn, hebben we eveneens controlemechanismen ontwikkeld en ingebouwd die toelaten de efficiëntie en de kwaliteitsborging van elk van deze behandelingen te bepalen. Eén van de belangrijkste controlemechanisme is het gebruik van een **interne positieve controle** (IPC). Dit bestaat erin dat aan elk staal een welbepaalde hoeveelheid systeemvreemd DNA wordt toegevoegd (onder de vorm van een plasmide), wat

exact kan worden gemeten en ons in staat stelt om op verschillende stadia doorheen de workflow na te gaan of en waar er iets is fout gelopen, om op die manier de kwaliteit van elke analyse te garanderen.

8.2.1.2 Van soort-specifieke detectie naar inzichten in gemeenschapstructuur

Via de verfijning van **soort-specifieke eDNA barcoding** methoden en de ontwikkeling van erg gevoelige primer/probe assays zijn we vandaag de dag in staat om zeer nauwkeurig aan de opsporing van aquatische soorten te doen. Initieel zijn we voor deze vraagstellingen gestart met de implementering en verdere uitbouw van de universeel gebruikte **qPCR** methode, maar halverwege het project hebben we besloten deze piste om meerdere redenen te verlaten, o.a. door de gevoeligheid voor inhibitie, het niet exact kunnen kwantificeren van DNA-concentraties, de onbetrouwbaarheid bij erg lage DNA-concentraties en de té hoge kostprijs, en te investeren in een nieuwe en gevoeligere methodiek van **ddPCR**. Met deze methode kunnen we nu op een routinematige en zeer efficiënte manier enorm lage eDNA concentraties opsporen en nauwkeurig kwantificeren. Dit geeft ons de mogelijkheid om inzichten te bekomen rond de dichtheden van de doelsoort(en) in een systeem, waarbij de betrouwbaarheid van deze inschattingen uiteraard sterk afhankelijk is van de grootte van het systeem waarin de soort zich ophoudt. De afgelopen twee jaar hebben we voor deze ddPCR-methode een soort-specifiek protocol ontwikkeld voor heel wat **Habitatrichtlijnsoorten** (zoals Kamsalamander, Grote modderkruiper, Vroedmeesterpad, Knoflookpad, Boomkikker, Rugstreeppad, Heikikker, Waterspitsmuis, Otter etc.) en een reeks **invasieve soorten** (zoals Zwartbekgrondel, Marmergrondel, Kesslersgrondel, Amerikaanse stierkikker, Aziatische modderkruiper etc.) en dit reeds in verschillende (al dan niet lopende) projecten toegepast.

Anderzijds hebben we in de loop van het project eveneens intensief ingezet op de implementering van **eDNA metabarcoding**, wat ons in staat stelt om de totale soortendiversiteit en structuur van een gemeenschap in kaart te brengen (Figuur 28). Het is een uitermate geschikte methode om biodiversiteit te monitoren, zoals deze van watergemeenschappen, waarbij ze een perfecte ondersteuning biedt voor bijvoorbeeld de Europese Kaderrichtlijn Water. Daarom zijn we ook gestart met de ontwikkeling en implementatie van deze methode voor **zoetwatervisgemeenschappen**, wat we vandaag de dag routinematig kunnen uitvoeren. Door een toenemende vraag/nood om deze methode eveneens inzetbaar te maken voor **amfibiegemeenschappen** hebben we in een latere fase van dit project ook hierin geïnvesteerd, en zijn we nu eveneens in staat alle amfibieën die we in Vlaanderen kunnen aantreffen en hun onderlinge gemeenschapsstructuur via deze methodiek in kaart te brengen. Tot slot zijn we ook begonnen met het analyseren van **mariene visgemeenschappen**, en hebben we dit recent succesvol toegepast bij **dieetonderzoek** van zeevogels.

8.2.1.3 Uitbouw referentiedatabank

Beide technieken (eDNA barcoding en metabarcoding) vallen of staan met een degelijke **referentiedatabank** van DNA-sequenties die gekoppeld is aan een **voucher specimen** (cfr Barcode of Life). Hiervoor is de ontwikkeling en continue update van bio-informatische pipelines één van de belangrijkste peilers voor de succesvolle uitbouw van eDNA gebaseerde methoden. Dit laat toe om biologische monitoring op een veelvoud van organismen en systemen overal op dezelfde gestandaardiseerde manier te laten verlopen, en zo gegevens direct vergelijkbaar te maken binnen en tussen labo's en verschillende lidstaten. Het was dan ook één van de primaire doelstellingen van dit project om een volledige **referentiedatabank voor de zoetwatervissen en amfibieën** uit te bouwen voor de soorten die we in Vlaanderen kunnen aantreffen. Ook voor mariene vissen, zoogdieren en vogels (waarvan we DNA eveneens frequent in water aantreffen) zijn we hiermee volop bezig. Elke nieuwe invasieve

soort of te verwachten invasieve soort wordt continu verder aan deze referentiedatabanken toegevoegd, om ze te kunnen opsporen van zodra ze onze wateren dreigen te koloniseren.

8.2.2 eDNA in tijd en ruimte

Om de eDNA patronen die we oppikken op een zo correct mogelijke manier te kunnen vertalen naar effectieve aanwezigheden en dichtheden, is een goede kennis van het 'gedrag' van eDNA in de waterkolom noodzakelijk. Het spreekt bijvoorbeeld voor zich dat soortspecifieke verschillen in eDNA emissie en afbraak een vertekend beeld kunnen scheppen van de werkelijke (kwantitatieve) soortensamenstelling van een gemeenschap. Ook transport/dispersie van eDNA over grotere afstanden zou een foutief beeld kunnen geven over de aanwezigheid van een soort op de bemonsteringslocatie, omdat deze zich misschien elders ophoudt. Om hierin zo accuraat en efficiënt mogelijk inzichten te bekomen werd ervoor gekozen om veelal via een experimentele aanpak deze vraagstellingen te onderzoeken.

8.2.2.1 Emissie & afbraak

Om na te gaan hoe snel eDNA in een gesloten systeem afbreekt en dus ook detecteerbaar blijft, hebben we voor een groot aantal zoetwatervissen ($n > 40$) mesocosmosexperimenten uitgevoerd om de eDNA emissie en degradatie in de tijd te kunnen opmeten. Hieruit bleek dat er **soort-specifieke verschillen in eDNA afgifte** in het water bestaan, met soorten zoals Kwabaal en Giebel die beperkte hoeveelheden eDNA in hun omgeving uitscheiden, en andere soorten die dat zeer abundant doen, zoals Zonnebaars en Blauwbandgrondel. Met deze info hebben we dan ook correctiefactoren ontwikkeld om voor deze over- of onderrepresentatie in de werkelijke visgemeenschap te kunnen corrigeren. Aansluitend hebben we in natuurlijke systemen eveneens de degradatiesnelheden van eDNA onderzocht d.m.v. het uithangen en wegnemen van leefnetten met daarin systeem vreemde soorten (zowel vissen als amfibieën). Uit al deze experimenten bleek dat (deels afhankelijk van het seizoen), eDNA in aquatische milieus over de periode van een paar dagen tot enkele weken door biotische afbraak en/of chemische- of UV-degradatie volledig uit het systeem verdwenen is. Ook hier bleek opnieuw dat **eDNA degradatiesnelheden verschillen tussen soorten**. De algemeen **korte levensduur van eDNA** maakt deze techniek dan ook uitermate geschikt om de huidige, lokale aanwezigheid van soorten in aquatische systemen te kunnen aantonen.

8.2.2.2 Dispersie

Om te kunnen achterhalen hoe ver we in de ruimte in staat zijn om eDNA met onze methodieken op te pikken, hebben we zowel in stilstaand als stromend water verschillende experimenten uitgevoerd. Hiervoor werden opnieuw leefnetten met systeemvreemde soorten gedurende een periode in de waterkolom uitgehangen om in een volgende stap op verschillende afstanden van deze bron stalen te nemen en te onderzoeken. Uit deze experimenten kwam naar voor dat in **stilstaand water**, en afhankelijk van de dichtheid van de bronpopulatie, **eDNA een zeer beperkte dispersiecapaciteit** bezit (van enkele meters tot 20 à 30 meter). De snelle afbraak van eDNA en zijn beperkte dispersiecapaciteit dat hiervoor verantwoordelijk is, geeft ons met andere woorden de mogelijkheid om via eDNA **habitatgebruik van soorten in kaart te brengen**, wat we effectief hebben kunnen aantonen in de INBO-kweekvijvers in Linkebeek. Door gebruik te maken van een groot aantal substalen die gebiedsdekkend over de volledige waterpartij worden genomen en samen gevoegd worden tot een groot gehomogeniseerd mengstaal, zijn we wel in staat om de beperkte aanwezigheid van een soort (al dan niet erg gelokaliseerd) in het systeem te detecteren.

In **stromende wateren** gedraagt eDNA zich in de ruimte volledig anders. Daar hebben onze experimenten aangetoond dat **eDNA over grote afstanden** (tot zelfs 10 km) kan worden

verplaatst en **detecteerbaar** is. De afstand waarop samenstelling van een aanwezige gemeenschap stroomafwaarts accuraat kan worden ingeschat is echter kleiner en betreft slechts 100 tot 300 m (afhankelijk van stroomsnelheid, grootte van de rivier etc.). Deze bevindingen geven aan dat in stromende systemen erg efficiënt naar zeldzame of invasieve soorten kan worden gezocht, terwijl gemeenschapspatronen indicatief zijn over een perimeter van slechts enkele honderden meters stroomopwaarts.

8.2.3 Uitbouw nationale & internationale positie/netwerken

Bij aanvang van het project is ervoor gekozen om sterk te investeren in samenwerkingsverbanden in binnen en buitenland. Aangezien we initieel op INBO een erg beperkte expertise bezaten rond de uitvoering van eDNA-metabarcoding onderzoek, zowel de labo-aspecten als de bio-informatische pipelines om de NGS-data te verwerken, werd er een **samenwerking met ILVO** opgestart. Hierbij hebben we een erg intensieve en vruchtbare training en steile leercurve van eigen personeel (labo-personeel als wetenschappers) doorlopen, en is er een **complementair INBO-ILVO samenwerkingsverband** rond deze onderzoekthematiek ontstaan dat ook in de toekomst zal worden verder gezet.

Verder werden er op Vlaams niveau diverse eDNA-gerelateerde onderzoeksopdrachten uitgevoerd voor bijvoorbeeld de **Provincie Antwerpen** (Stierkikker, Waterspitsmuis), **ANB** en **Regionale Landschappen** (Grote modderkruiper), **Natuurpunt Studie** (Stierkikker, Kamsalamander), **Life-project** (rond Stierkikker).

Op internationaal niveau werden eveneens heel wat netwerken en samenwerkingsverbanden uitgebouwd. Zo spelen we een actieve rol in een **COST-Actie programma 'DNAqua-net'**, het recent opgestarte Europese consortium **'LifeDnaquatic'** en het **1000 Rivers eDNA project**. Deze netwerken streven o.a. naar de uitwerking van een gestandaardiseerde (CEN) en gevaloriseerde eDNA-methodiek op Globaal/Europees niveau voor de monitoring van aquatische organismen (zie output). Tot slot hebben we nauwe en constructieve samenwerkingsverbanden uitgewerkt met een groot aantal onderzoeksgroepen en labo's zoals **Nature Metrics** (UK), **Spygen** (Frankrijk), **Hull-University** (UK), **University of Derby** (UK), **KWR** (Nederland), **RAVON** (Nederland) etc.

8.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

Het spreekt voor zich dat met de uitbouw en implementering van het eDNA-onderzoek op INBO, deze methoden in de toekomst hoe langer hoe meer routinematig zullen worden ingezet voor heel wat onderzoeksvragen en INBO-opdrachten (zoals monitoring voor de KRW, Habitatrichtlijnsoorten, invasieve soorten). Anderzijds zal deze methode zich verder blijven verfijnen en ontwikkelen, en dienen zich reeds nieuwe toepassingsmogelijkheden aan die voor diverse INBO-opdrachten erg relevant kunnen zijn.

8.3.1 Routinematig uitrollen van monitoringsprogramma's

Op basis van de bekomen inzichten en methodologische expertise rond **soortspecifieke detectie**, willen we in de toekomst komen tot een gedegen en **routinematige implementatie** van detectie- en monitoringsprotocollen en de evaluatie van herintroductieprogramma's (zoals Grote modderkruiper, Beekprik, Rivierdonderpad, Kamsalamander, Vroedmeesterpad etc.).

Ook op gemeenschapsniveau willen we de komende jaren de verworven kennis rond **eDNA metabarcoding** op zoetwatervissen vertalen naar een routinematige **implementatie in het kader van de vismonitoring voor de Kaderrichtlijn Water**. Om de overstap van traditionele vismonitoring naar een meer eDNA-gestoeelde monitoring te kunnen maken, zullen in eerste

////////////////////////////////////

evenmin uitspraken worden gedaan over de demografische structuur van populaties, waardoor in de toekomst hiervoor steeds traditionele afvangsten noodzakelijk zullen blijven. Anderzijds bieden eDNA-gerelateerde methoden een enorme efficiëntiewinst in de detectie van zeldzame soorten, en een grootschalige- en gebiedsdekkende screening van gemeenschappen, etc.

8.5 OUTPUT

8.5.1 Artikel

A1-publicaties

Blackman R., Bruce K., Brys R., Elbrecht V., Halfmaerten D., Hellstrom M., Mächler E., Panksep K., Seymou M., Schmidt P. 2019. A practical guide for applying molecular based environmental assessment to the water framework directive. *Molecular Ecology Resources* (In prep).

Brys R., Halfmaerten D., Neyrinck S., Mauvisseau Q., Auwerx J., Sweet M., Mergeay J. 2019. Reliable eDNA detection and quantification of the European weather loach (*Misgurnus fossilis*). Journal of Fish Biology (In revision).

Brys R., Neyrinck S., Halfmaerten D., Haegeman A., Ruttink T. 2019. Spatial and temporal behavior of fish and amphibian environmental DNA in a lentic aquatic system. *Journal of Applied Ecology* (In submission).

Harper L.R., Buxton A.S., Rees H.C., Bruce K., Brys R, Halfmaerten D., Read D.S., Watson H.V., Sayer C.D., Jones E.P. 2019. Prospects and challenges of environmental DNA (eDNA) monitoring in freshwater ponds. *Hydrobiologia* 826: 25-41.

Li J., Lawson L.J., Harper H.L.R., Brys R., Watson H.V, Di Muri C., Zhang X., Hänfling B. 2019. Limited dispersion and quick degradation of environmental DNA in fish ponds inferred by metabarcoding. *Environmental DNA* 1: 238–250.

Mauvisseau Q., Burian A., Gibson C., Brys R., Ramsey A., Sweet M. 2019. Influence of accuracy, repeatability and detection probability in the reliability of species-specific eDNA based approaches. *Scientific Reports* 9: 580, DOI: 10.1038/s41598-018-37001-y.

Mauvisseau Q., Davy-Bowker J., Bulling M., Brys R., Neyrinck S., Troth C., Sweet M. 2019. Combining ddPCR and environmental DNA to improve detection capabilities of a critically endangered freshwater invertebrate. *Scientific Reports* (In press).

Mauvisseau Q., Kalogianni E., Zimmerman B., Bulling M., Brys M., Sweet M. 2019. eDNA based monitoring: advancement in management and conservation of a critically endangered killifish. Environmental DNA (In submission).

Spens J., Evans A. R., Halfmaerten D., Knudsen S. W., Sengupta M. E., Mak S. S. T., Sigsgaard E. E., Hellström M. 2017. Comparison of capture and storage methods for aqueous microbial eDNA using an optimized extraction protocol: advantage of enclosed filter. *Methods in Ecology and Evolution*, 8, 635-645. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12683>.

A2-publicaties

Brys R., Halfmaerten, D., Neyrinck, Mergeay, J. & Belpaire, C. 2019. Met eDNA de mythische Grote modderkruiper op het spoor. *Natuur.Focus* 2: 51-59.

8.5.4 Projecten met actieve bijdrage

8.5.4.1 Nationale projecten

eDNA onderzoek naar voorkomen grote modderkruiper in het Schulensbroek en het Webbekomsbroek-Borchbeemden i.k.v. LIFE DELTA (2018 – 2019)

eDNA screening naar aanwezigheid Stierkikker in domein Toemaathoek, Provincie Antwerpen (2019)

Metallo-project (Effecten van mitigerende maatregelen in de Kempense Kleiputten: Ecologische monitoring vóór het uitvoeren van maatregelen) (2017 – 2018)

ORCA: biodiversiteit van poelen in landbouwgebied (2017 – 2020)

8.5.4.2 Internationale projecten

1000 Rivers Project: 'Monitoring Fish Populations In North Atlantic Rivers Using Environmental DNA 1000 Rivers' (2019 – 2021)

EU COST Action CA15219, DNAqua-Net: ‘Developing new genetic tools for bioassessment of aquatic ecosystems in Europe’ (2017 – 2020).

Life-DNAquatics, Zweeds-Europees (EPA) project (2019 – 2021)

LIFE 3n-Bullfrog: 'The sterile triploid method for population control of aquatic invasive fauna: pilot project on American bullfrog' (LIFE18 NAT/BE/001016) (2020 – 2025)

NIS-WRAPs project 'Advancing global monitoring of ship borne invasive species through streamlined metabarcoding' (2017 – 2021)

9 POPULATIEMODELLERINGSTECHNIEKEN

Jim Casaer & Toon Van Daele

9.1 DOELSTELLING

Een goede kennis van de populatiedynamische mechanismen van een soort helpt de keuzes voor het behoud, herstel of beheer van de soort wetenschappelijk te onderbouwen. De middelen die ingezet kunnen worden voor beheer zijn immers veelal beperkt en worden daarom best ingezet op die beheermaatregelen waarvan we kunnen verwachten dat ze de grootste impact hebben voor het bijsturen van de trends in de populatie. Veelal moeten hierbij keuzes worden gemaakt, ondanks grote onzekerheden. Die onzekerheden zijn het gevolg van de grote complexiteit van ecologische systemen, de beperkte beschikbaarheid van gerichte en/of lokale data, de slechts gedeeltelijke controle op de factoren die de processen beïnvloeden en op de uitvoering van voorgestelde maatregelen.

Populatiemodellering kan een belangrijk instrument zijn in het onderzoeksproces om het functioneren van een soort, de populatiedynamiek en de interacties met de omgeving beter te begrijpen. Anderzijds kunnen populatiemodellen helpen om door middel van simulaties en het doorrekenen van scenario's weloverwogen beheer- en beleidskeuzes te maken en de gevolgen van de onzekerheden hierop door te rekenen.

De doelstellingen van dit project waren de theoretische kennis over de verschillende aspecten van populatiemodellering binnen INBO te versterken en praktische ervaring op te doen bij het toepassen van de verschillende methodes.

Hierdoor werd de nodige kennis en ervaring opgebouwd om populatiemodelleringstechnieken toe te passen voor uiteenlopende soortengroepen, en voor uiteenlopende vraagstellingen in het kader van soortbeheer en het inschatten van de mogelijke impact van ingrepen in natuur.

9.2 RESULTATEN

Dit project is een hefboom geweest om op het INBO een expertisenetwerk m.b.t. populatiemodellering uit te bouwen, verspreid over verschillende onderzoeksteams.

De belangrijkste activiteit van het project was de organisatie van een tiental workshops. Aan deze workshops namen onderzoekers deel van verschillende teams. Hoewel de workshops in hoofdzaak gericht waren op medewerkers van INBO, waren er sporadisch ook externe deelnemers die via gezamenlijke projecten aan INBO gekoppeld waren.

Er kwamen drie grote topics aan bod:

- Matrixpopulatiemodellen;
- Analyse van mark-recapture data;
- Bayesiaanse populatie-analyse.

Ter voorbereiding van elke workshop werd de literatuur en de theorie over het onderwerp bestudeerd. De theorie werd samengevat en gepresenteerd in enkele slides. Voor het praktische deel van de workshops werden papers geselecteerd die een concrete toepassing beschrijven van de theorie die eerder werd toegelicht. De papers werden geselecteerd op basis van de inhoud (aansluiting bij onderzoek van INBO en bij de toegelichte theorie), en op

Daarnaast werden enkele presentaties gegeven over lopende onderzoeksprojecten, o.a. salamander, adder en brandganzen.

Matrixpopulatiemodellen zijn een specifieke vorm van populatiemodellen waarbij alle karakteristieken van de populatie gediscrètiseerd zijn: de tijd (veelal 1 jaar), de ruimte (1 of meerdere patches) en de status (bv. juveniel, adult). Hierdoor kunnen de vergelijkingen voor de populatie in matrixvorm worden geschreven. Dit laat toe om met vrij eenvoudige berekeningen de populatiedynamiek te beschrijven.

- Directed Acyclic Graphs
- Age classes / stage classes
- Pulse breeding / flow breeding
- Time dependent / independent models
- Sensitivity & elasticity analysis
- Internal variability (population) en external variability (environment)
- Ergodicity
- Stochastic growth rate
- Density dependence
- Seasonal matrices

De papers die werden gebruikt om praktische ervaring op te doen met matrixpopulatiemodellen waren: Bieber & Ruf (2005), Klok et al. (2010) en Smith & Trout (1994).

De ‘mark en recapture’ methode wordt zowel gebruikt om de grootte van een populatie in te schatten als om de jaarlijkse overlevingskansen te bepalen. Deze variabelen zijn essentieel voor populatiemodellering. Het principe is steeds hetzelfde: een deel van de populatie wordt gevangen en gemarkeerd en terug vrijgelaten. Een vangst uit dezelfde populatie op een later tijdstip levert een deel gemarkeerde en een deel niet-gemarkeerde individuen op. Door dit te herhalen verkrijgen we een dataset die toelaat de detectie-, overlevingskansen en populatiegrootte te schatten. De mark-recapture methode kent veel varianten: vaak worden individuen gemerkt (ringen van vogels) en bij sommige diersoorten worden foto’s gemaakt van de unieke tekening om de individuen te identificeren (bv. bij adder en salamander).

- Maximum likelihood method

9.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

Voor de komende jaren wensen we de volgende activiteiten uit te voeren:

- Blijvend opvolgen van de ontwikkelingen in het onderzoeksdomein met aandacht voor de potentie om deze toe te passen in nieuwe of reeds lopende INBO projecten
- Vorming voor specifieke modelleertechnieken
 - modelleren vanuit een meta-populatie benadering
 - modelleren van habitatgebruik en verspreiding op basis van onvolledige of vertekende waarnemingskansen
 - Het gebruik van Bayesiaanse technieken in verschillende populatiemodellerings technieken
- Onderhouden en versterken van het expertisenetwerk op INBO
- Versterken van een expertennetwerk met externen (universiteiten/buitenlandse team) op basis van concrete projecten (projectmedewerkers - thematische teams)
- Toepassen van innovatie modeltechnieken op eigen datasets en toelichten van aanpak, resultaten en problemen binnen het inbo - expertisenetwerk (projectmedewerkers - thematische teams)
- Organisatie van internationale expert-workshops, bv. In samenwerking met universitaire experts en collega Alter-netinstituten behoort tot de mogelijkheden.

9.4 OUTPUT

Het materiaal van de workshops (literatuur, presentaties, scripts en data) staan centraal in een google map en is beschikbaar als referentiemateriaal: [Populatiemodellering Pub](#)

In deze map staan voor elke werksessie:

- Slides theorie
- Slides praktische oefeningen
- R scripts praktische oefening
- Gebruikte datasets
- Gebruikte papers

9.5 REFERENCES

Bieber C., Ruf T. 2005. Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *Journal of Applied Ecology* 42(6):1203-1213.

Caswell H. 2001. Matrix Population Models: Construction, analysis and interpretation. In: Woods Hole Oceanographic Institution B.D., (editor). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers. p 722.

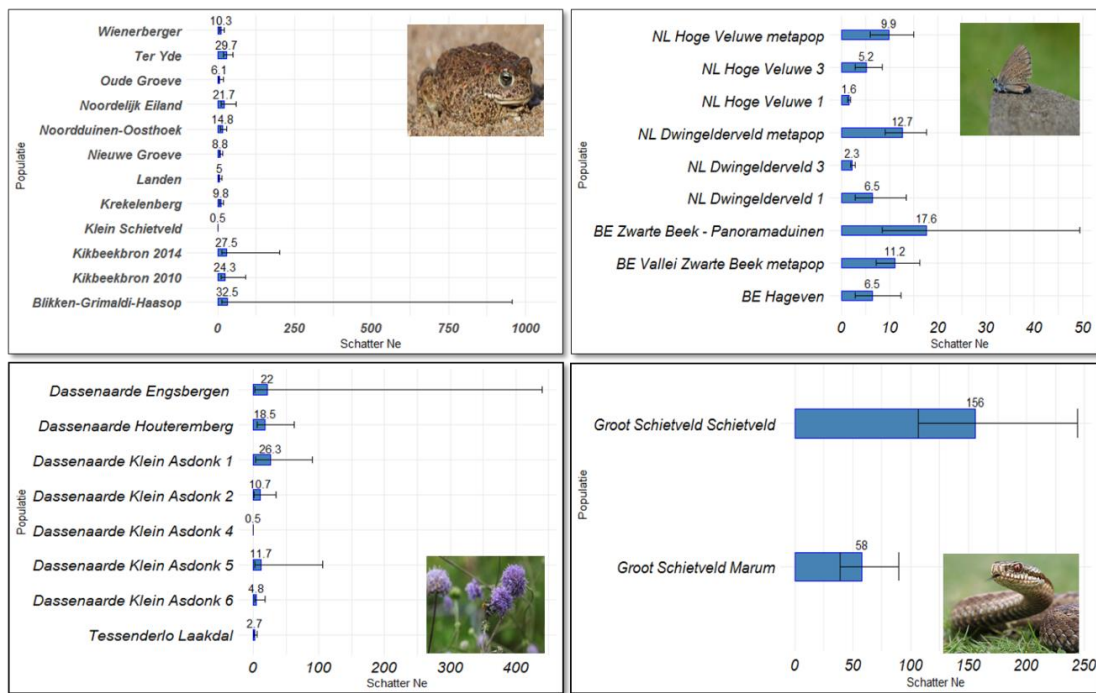
Coogh E.G., White G.C. 2015. Program MARK. A Gentle Introduction. 1037 p.

Gimenez O., Bonner S.J., King R., Parker R.A., Brooks S.P., Jamieson L.A., Grosbois V., Morgan B.J.T., Thomas L. 2009. WinBUGS for Population Ecologists: Bayesian Modeling Using Markov Chain Monte Carlo Methods. In: Thomson D.L., Cocch E.G., Conroy M.J. (editors). Modeling Demographic Processes In Marked Populations. Boston: Springer. p 883-915.

Een populatie die het schijnbaar goed doet, kan toch onderhevig zijn aan inteelt, bijvoorbeeld wanneer een groot aantal leden van de populatie zeer nauw verwant zijn met elkaar als gevolg van een vorig flessenhalseffect. Dit effect kan vroegtijdig via genetisch onderzoek aan het licht komen. Uit de literatuur blijkt dat het uitsterven / verdwijnen van populaties doorgaans voorafgegaan wordt door een verlies van genetische diversiteit. Genetische technieken kunnen bijgevolg dienst doen als knipperlichtsignaal voor het opsporen van problemen voordat het te laat is. Zo bleek voor de Rugstreeppadpopulatie op locatie Klein Schietveld de genetische variatie laag te zijn ondanks het ogenschijnlijk ruime leefgebied voor de soort. Door deze bevinding werd verdere opvolging aanbevolen, inclusief een evaluatie van de kwaliteit van het leefgebied.

Naast het beschrijven van de genetische variatie binnen een populatie, kan ook inzicht worden verkregen in belangrijke ecologische processen zoals de verbreiding van individuen en de effectieve verbreiding - i.e. verbreiding in combinatie met succesvolle voortplanting- tussen (deel)populaties. Voor het Gentiaanblauwtje werden verbreidingsafstanden van drie km waargenomen tussen deelpopulaties van de Vallei van de Zwarte Beek waarbij een bos geen onoverbrugbare landschapselement bleek te zijn (Vanden Broeck et al. 2017) (Figuur 31). Met uitzondering van de deelpopulaties van de Vallei van de Zwarte beek die onderling een metapopulatie vormen, zijn alle andere Vlaamse populaties van Gentiaanblauwtje (Groot Schietveld, Hageven, Zwart Water) extreem geïsoleerd. Voor Rugstreeppad werden verbreidingsafstanden van minimaal 8,5 km (over een gehele generatie) waargenomen tussen Vlaamse kustpopulaties (Cox et al. 2017). Hierdoor is er genenuitwisseling mogelijk van Westhoek naar Ter Yde, maar toch in mindere mate vanuit deze beide subpopulaties naar de intermediair gelegen deelpopulatie in Noordduinen en Oosthoek vanwege het moeilijk te overbruggen, tussenliggend landschap (Cox et al. 2017). De deelpopulaties Rugstreeppad die voorkomen in de haven van Linkeroever van Antwerpen zijn daarentegen goed met elkaar verbonden (Cox et al. 2015).

Via een éénmalige steekproef kan men via genetische technieken ook inzicht krijgen in de historiek van de populaties zoals historische verspreidingsroutes, verwantschappen en schommelingen in effectieve populatiegrootte. Zo werden de historische kolonisatieroutes van Vliegend hert doorheen Europa na de laatste ijstijd achterhaald die opnieuw inzicht geven in de hedendaagse genetische populatiestructuur. Fluctuaties in de populatiegrootte en/of in mate van immigratie werden ondermeer gevonden in de rugstraappadpopulaties van het militair domein in Leopoldsburg en van Nieuwe Groeve in de Mechelse Heide.



Figuur 29 Schattingen van N_e (methode: LDN_e (Waples & Do, 2008⁴)) met 95% betrouwbaarheidsinterval (B.I.) (Jacknife over loci) op basis van genetische markers voor Vlaamse populaties van Rugstreeppad, Gentiaanblauwtje, Blauwe knoop en Adder. Populaties waarvoor geen begrensde B.I. bekomen werden, zijn niet opgenomen in de figuur.



Figuur 30 Verbreiding tussen deelpopulaties van de metapopulatie in de vallei van de Zwarte Beek voor het Gentiaanblauwtje. De blauwe pijlen geven de verbreiding van de individuen weer, met het aantal verbreiders aangegeven op de pijlen. PA: Panoramaduinen, FO: Fonteintje, MA: Matthiashoeve, AWB: Achter De Witte Bergen.

⁴ Waples R.S., Do C. (2008). LDNE: a program for estimating effective population size from data on linkage disequilibrium. Molecular Ecology Resources 8(4):753-756.

10.2.2 Genetische monitoringsprogramma's

De genetische toestand van een populatie kan geschat worden op basis van één steekproef. Om de leefbaarheid en kwetsbaarheid van populaties in kaart te kunnen brengen, zijn vooral trends op lange termijn van belang. Voor een efficiënte en effectieve soortbescherming is genetische monitoring, nl. de bemonstering van populaties voor genetisch onderzoek op regelmatige tijdstippen, daarom sterk aan te raden. Genetische monitoring levert informatie over spatiale en temporele aspecten van genetische variatie en de processen die deze variatie beïnvloeden.

Genetische monitoring is een methode om natuurlijke schommelingen in genetische variatie binnen soorten en populaties te kunnen onderscheiden van veranderingen als gevolg van menselijke impact. Verlies of versnippering van het leefgebied, stikstofdepositie, klimaatverandering en inbreng van exotische, uitheemse soorten die kruisen met verwante inheemse soorten, zijn enkele voorbeelden van de menselijke impact met veelal nefaste gevolgen voor het behoud van genetische variatie. Deze invloeden veranderen ook de samenstelling van de genenpoel, meestal in negatieve zin, en bijgevolg ook het evolutiepotentieel en het aanpassingsvermogen van de soort. Genetische monitoring brengt inzicht in de leefbaarheid van populaties en helpt eveneens de impact van de processen die deze leefbaarheid beïnvloeden, in kaart te brengen.

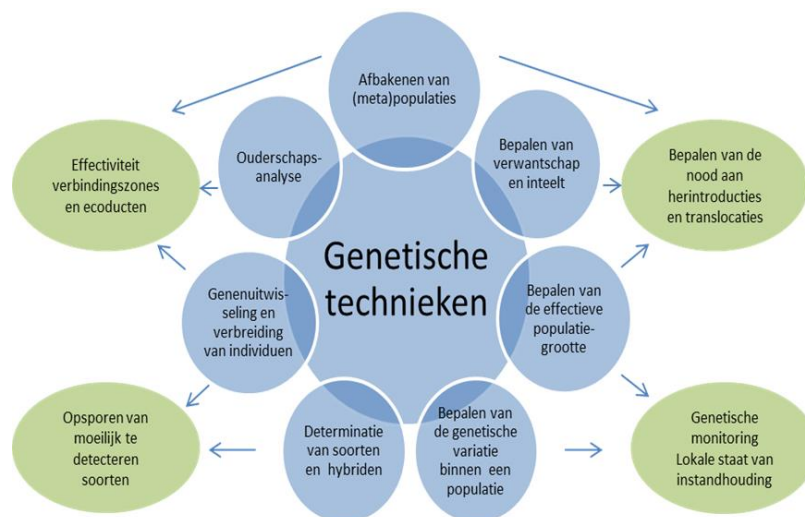
10.2.3 Evaluatie van herintroducties en translocaties

Door versnippering en verlies van natuurlijke leefgebieden, gebeurt de kolonisatie van nieuw of hersteld leefgebied in vele gevallen niet meer spontaan. De leefgebieden zijn meestal verder van elkaar gelegen dan de afstand die kan worden overbrugd door verbreiding. Bovendien zijn de resterende populaties van de meeste te beschermen soorten te klein om voldoende verbreiders te leveren die de verbinding tussen de (potentiële) leefgebieden verzekeren. Natuurlijke leefgebieden zijn hierdoor in vele gevallen niet met elkaar verbonden en spontane kolonisatie van potentiële leefgebieden blijft meestal uit (Mergeay 2017).

Herintroducties, translocaties of bijplaatsingen kunnen een belangrijke beheersmaatregel zijn in soortbeschermingsprogramma's. Ze kunnen helpen om de genetische diversiteit en dus ook de leefbaarheid van (meta)populaties te verhogen in afwachting van de realisatie van grotere leefgebieden of van nieuwe leefgebieden als stapstenen tussen bestaande (Mergeay 2017). In Vlaanderen worden (al dan niet regionale) herintroducties overwogen of reeds uitgevoerd voor onder andere: Rugstreeppad, Knoflookpad, Grote modderkruiper, Rivierdonderpad, Kwabaal, Beekforel, Europese hamster, Bever, Grote tijm, Zwarte populier en Groenknolorchis. Meestal gaat het om het opnieuw inbrengen van een soort op plaatsen waar het leefgebied is hersteld en waar de soort vroeger spontaan voorkwam.

Kweek- en uitzetprogramma's worden steeds meer overwogen om via herintroducties of bijplaatsingen soorten naar een gunstige staat van instandhouding te brengen. Dit dient wetenschappelijk gefundeerd en weloverwogen te zijn (IUCN/SSC, 2013). Belangrijke vragen die zich hierbij stellen zijn onder meer :i) welke populaties zijn geschikt als bronpopulatie? ii) hoeveel dieren dienen te worden bijgeplaatst of te worden geïntroduceerd? Genetisch onderzoek kan hier een sleutelrol spelen enerzijds bij het bepalen van de meest geschikte bronpopulaties via de studie naar (historische) verwantschap tussen populaties en anderzijds bij de optimalisatie van de genetische variatie bij de ouderdieren in kweekprogramma's.

10.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID



Figuur 31 Het belang van genetische technieken voor verschillende ecologische doeleinden.

10.4 STERKTE-ZWAKTE ANALYSE

Om de genetische met de klassieke monitoring te kunnen vergelijken werden twee voorbeeldsoorten gebruikt: Kamsalamander (amfibie) en Gentiaanblauwtje (insect).

10.4.1 Kamsalamander (*Triturus cristatus*; categorie 1 volgens LSVI)

Genetische monitoring	Klassieke monitoring ⁵
Werkwijze - Staalname verspreid binnen deelpopulatie of metapopulatie binnen één seizoen - gewoonlijk 30 à 50 stalen - niet-invasief: swabstalen van de cloaca via inzet van fuiken - indien ook larven: knippen van staartpuntjes (maar is in principe niet nodig) - Staalname gebeurt best in meerdere naburige (deel)populaties (< 1 km van elkaar verwijderd) om mate van connectiviteit in te schatten. - In het huidige monitoringprotocol worden 60 poelen gevolgd. Hieruit zou een keuze van c. 10 populaties kunnen gemaakt worden die een gradiënt vertonen van vermoedelijk kleine tot grote populaties die in een verschillende landschappelijke context gelegen zijn. - DNA-extractie swabstalen	- adulten: fuikvangsten (2 fuiken op 2 momenten) - larven: schepnetvangsten (1 moment) - kwaliteit van het leefgebied (ruwe karakterisatie)

⁵ De Bruyn L., Speybroeck J., Maes D., De Knijf G., Onkelinx T., Piesschaert F., Pollet M., Truyens P., Van Calster H., Westra T. & Quataert P. 2015. Monitoringsprotocol kamsalamander. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.10186543. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 12 pp.

	=> Werklast: 20 prioritaire waterpartijen = 20 x 1,5 u = 30 u => Totaal aantal veldwerkdagen = 20 mandagen - dataverwerking: 1 dag/jaar
Voorstel tot optimalisatie	
• opleiding van vrijwilliger voor de staalnames • methodiek opstellen voor de selectie van genetisch te volgen populaties	

10.4.2 Gentiaanblauwtje (*Maculinea alcon*)

Genetische monitoring	Klassieke monitoring ⁶
Werkwijze	
• Staalname op alle Vlaamse locaties (8): Groot Schietveld (GRS), Zwart Water (ZWW), Hageven (HAG) & 5 locaties in de vallei van de Zwarte Beek (ZWB) • 30 stalen / locatie = 30*8 =240 stalen • niet-invasief: vleugelstukjes 1-2 mm² • DNA-extractie • Genotyping (15 microsat merkers, 4 multiplexen) • Dataverwerking	• eitellingen door vrijwilligers in alle Vlaamse populaties in het kader van de soortenmeetnetmonitoring (Maes et al. 2015) • plots van 10 x 10 meter • niet-invasief
Resultaten (welke informatie levert dit op) en resolutie	
• Op populatieniveau en op Vlaamse schaal: • Genetische structuur • Conservation units / (Meta)populatiestructuur • Genenuitwisseling/connectiviteit • kwantificatie van genetische variatie • Effectieve populatiegrootte • aantal allelen, heterozygositeit	• inschatting van bezette oppervlakte habitat per populatie • ruwe populatiegrootteschatting • trend voor heel Vlaanderen
Frequentie	
• 5 jaarlijks	- jaarlijks
Finaliteit rapportage Europa	
	• geen
Uitrolbaar of R&D	
Uitrolbaar voor gentiaanblauwtje	Uitrolbaar voor Gentiaanblauwtje
Personeelsinzet	
• Staalname: 8 dagen	• veldwerk gebeurt door vrijwilligers

⁶ Maes D., De Bruyn L., De Knijf G., Onkelinx T., Piesschaert F., Pollet M., Truyens P., Van Calster H., Westra T. & Quataert P. 2015. Monitoringsprotocol vlinders. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.7827697. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 35 pp.

Mergeay J., Van den Broeck A., Neyrinck S., Coeck J., Auwerx J. 2016. Advies over de translocatie van een populatie kamsalamander. INBO.A.3387. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO, Brussel.

Vanden Broeck A., Maes D., Kelager A., Wynhoff I., Wallis de Vries M.F., Nash D.R., Oostermeijer G., Van Dyck H., Mergeay J. 2017. Gene flow and effective population sizes of the Alcon blue butterfly *Maculinea alcon* in a highly fragmented, anthropogenic landscape: Voordracht. FAME - EVENET, Gent, België.

11 ONTWIKKELING EN IMPLEMENTATIE MEETNETTEN

Floris Vanderhaeghe, Dries Adriaens, Luc Denys, Nathalie Cools, Ivy Jansen, Cécile Herr, Arne Verstraeten, Maud Raman, Jan Wouters, Hans Van Calster, Toon Westra, Thierry Onkelinx, Toon Van Daele, Patrik Oosterlynck, An Leyssen, Mathias Wackenier, Piet De Becker, Frederic Piesschaert, Peter Desmet, Gerald Louette, Paul Quataert, Marie-Alix Vandenabeele & Bernard Van Elegem

11.1 DOELSTELLING

De meetnetten natuurlijk milieu (MNM) dienen om de **planning, onderbouwing, evaluatie en bijsturing van het milieugerichte natuurbeleid** op **niveau Vlaanderen** te ondersteunen, vooral het actieve beleid. De individuele meetnetten zullen daartoe een coherent geheel moeten vormen met een gemeenschappelijke rationale in opzet en verwerking, in functie van de overkoepelende beleidsvragen. Momenteel ontbreekt in Vlaanderen een systematische monitoring van het natuurlijk milieu.

De beleidsondersteuning door de MNM komt tot stand via monitoring van de milieukwaliteit op standplaatsen van habitattypes en regionaal belangrijke biotopen. Het gaat daarbij over toestand en trend van **oppervlaktewater, bodem, grondwater, lucht en overstromingswater**.

De **basisredenen** waarom de MNM in Vlaanderen worden opgezet, is dat milieudrukken in die mate aanwezig zijn dat ze het actieve natuurbeleid belemmeren bij het realiseren van de gewestelijke natuurdoelen.

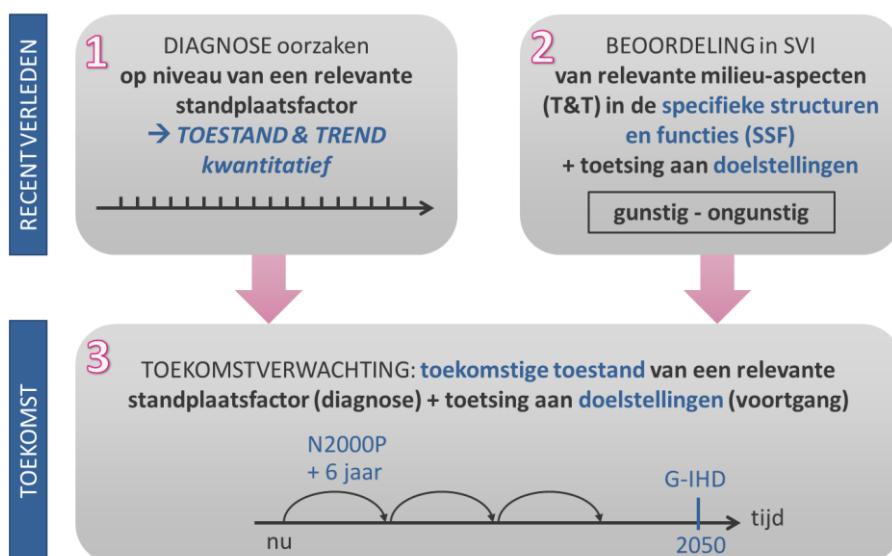
Als voornaamste **juridische** beweegreden geldt artikel 50undecies van het **Natuurdecreet**. Zowel de staat van instandhouding als (potentiële) oorzaken van achteruitgang ervan dienen via monitoring te worden opgevolgd in Vlaanderen. De MNM zijn daardoor een wettelijk vastgelegde taak in het instandhoudingsbeleid, onafhankelijk van de programmatische aanpakken maar wel relevant daarvoor, bv. voor PAS. Daarnaast zijn de monitorings- en rapporteringsverplichtingen volgens de **Habitatrichtlijn** (artikels 11 en 17) een onrechtstreekse beweegreden om de MNM te starten.

De meetnetten komen tot stand in een samenwerkingsverband tussen meerdere entiteiten, waarbij het INBO een trekkersrol opneemt. Bij het ontwerp wordt ook **synergie** nagestreefd met het meetnet **biotische** habitatkwaliteit, de vierjaarlijkse rapportage over ecosysteemmonitoring voor de Europese **NEC-richtlijn 2016/2284** en met **milieudatabanken** en -monitoring door andere entiteiten.

11.2 RESULTATEN

Door INBO werd in de periode 2015-2019 de basis gelegd voor de MNM. Naast het bepalen van de vraag, verkennen van mogelijke synergieën en het bepalen van de nodige resultaten zijn heel wat rangordeningen en selecties voor de MNM gemaakt en gedocumenteerd: milieudrukken, types per druk & compartiment, milieuv variabelen, de nodige precisie en de definitie van de feitelijke meetnetten. Sinds eind 2018 wordt dit resultaat vertaald naar technische ontwerpen, in eerste instantie voor het grondwatercompartiment.

Voor habitattypes, niveau Vlaams gewest (**Vlaams natuurbeleid**):



Figuur 33 Schema van de drie kernvragen voor de meetnetten natuurlijk milieu. T&T = toestand en trend; L, M, H = laag, matig resp. hoog belang van een milieudruk voor habitattypes.

11.2.2 Afbakening van de concrete meetnetten en de selectie van milieudrukken, types, standplaatsfactoren en milieuvariabelen

Elk meetnet beoogt vragen te beantwoorden over één milieudruk in één milieucompartiment, aan de hand van één gerelateerde 'primaire' milieuvariabele (soms enkele). Elk milieucompartiment is een ruimtelijke eenheid in de standplaats die een apart deel van het standplaatsmilieu vertegenwoordigt. We onderscheiden volgende milieucompartimenten: atmosfeer, bodem, grondwater, inundatiewater, oppervlaktewater en waterbodembodem.

In 2016 is een bevraging gebeurd van heel wat experts op INBO, om de actuele milieuproblematiek voor verschillende types (habitattypes / RBB) in te schatten. Dit resulteerde in het zg. **afwegingskader milieudrukken**.

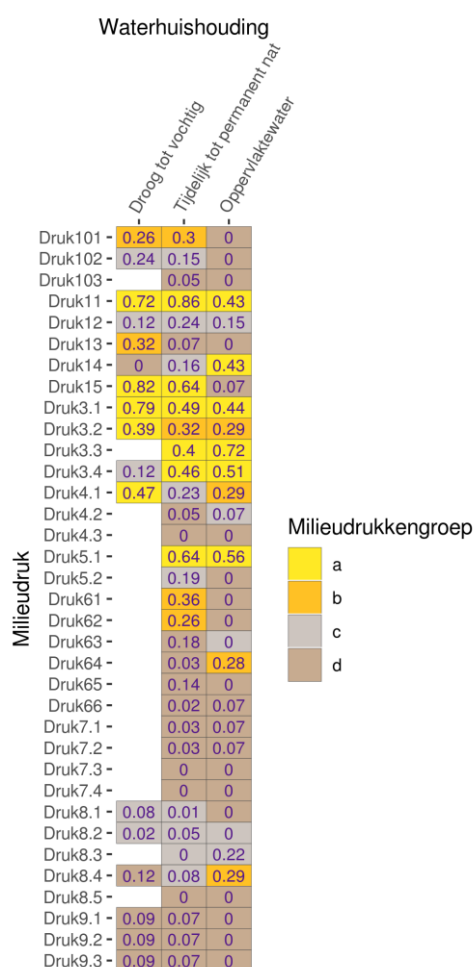
In dezelfde periode werd het zg. **conceptueel systeem schema van de standplaats** ontwikkeld. Het bevat de relaties tussen milieudrukken, habitat(sub)types, milieucompartimenten en standplaatsfactoren (dit als databank en met een schematische weergave).

Op basis van deze instrumenten konden selecties gebeuren voor de MNM, aangaande milieudrukken, types en standplaatsfactoren, en de afbakening tot meetnetten. 7 meetnetten zijn aangeduid als **hoofdmeetnetten**. Zij krijgen een specifiek ontwerp (aantal, ligging, tijdstip van metingen), aangepast aan de beoogde betrouwbaarheid, precisie, kost en haalbaarheid. De **secundaire meetnetten** zijn de overige meetnetten. Zij hebben een typisch kleinere doelpopulatie, in termen van het aantal betrokken types. Ze worden niet in detail ontworpen, maar de monitoring wordt evenzeer beoogd (incl. verwerking en uitspraken), dit zoveel mogelijk op locaties / tijdstippen van de hoofdmeetnetten. De secundaire meetnetten vertegenwoordigen samen nog een heel groot aandeel van de gezamenlijke milieuproblematiek.

Meetnetten uit eenzelfde milieucompartiment kunnen we voor de praktische organisatie van het terreinwerk groeperen tot compartimentmeetnetten. We onderscheiden vijf compartimentmeetnetten en zeven hoofdmeetnetten:

////////////////////////////////////

- grondwatermeetnet, met de hoofdmeetnetten voor **verdroging via grondwater (5.1)** en **eutrofiëring via grondwater (3.3)**;
- bodemmeetnet, met het hoofdmeetnet voor **eutrofiëring via de bodem (3.2)**;
- oppervlaktewatermeetnet, met het hoofdmeetnet voor **eutrofiëring via het oppervlaktewater (3.4)**;
- overstromingsmeetnet (compartiment inundatiewater), met het hoofdmeetnet voor **eutrofiëring via het oppervlaktewater (3.4)**;
- atmosferisch meetnet, met de hoofdmeetnetten voor **eutrofiëring via de lucht (3.1)** en **verzuring via de lucht (4.1)**.



Figuur 34 Rangschikking van milieudrukken per waterhuishoudingsklasse.

De resultaten van het keuzeproces zijn opgenomen in een (offline) website (zie outputs). Omdat er nog steeds aan de keuzes kan worden bijgesteld in functie van meetscenario's, wordt de website nog niet online gezet.

Daarnaast zijn voor verschillende meetnetten keuzes gemaakt over de feitelijk te bepalen milieuvariabelen (= concretisering van bovenvermelde standplaatsfactoren), dit in relatie tot de elementen uit de volgende paragraaf.

////////////////////////////////////

11.2.3.1 Rapport

- ofwel oppervlakte-dekkende – veelal mechanistische – modellen (i.f.v. tijd);
- ofwel oppervlakte-dekkende metingen (herhaald of continu in tijd, bv. remote sensing);
- ofwel met een steekproef

In het rapport worden de keuzes behandeld in verband met **doelpopulatie, afbakening steekproefeenheid, doelparameters, steekproefstrategie e.d.** Een fictieve **inferentieprocedure** is daarbij gesimuleerd.

Een aantal **concretiseringen** in de bovenstaande keuzes konden gebeuren op basis van een verkenning van de MNM-doelpopulaties en hun ruimtelijke relatie tot het GRTS-raster die voor de steekproeftrekking wordt gebruikt.

Hiervan is een **werkdokument** beschikbaar, deels te integreren in het voornoemde rapport.

Verschillende data- en kennisbronnen zijn nodig om toestand en trend voldoende precies te kunnen bepalen en om de resultaten te kunnen beoordelen in het licht van de natuurbeleidsdoelstelling. Verschillende hiaten in de kennis zijn daartoe opgesomd in een document over de [onderzoeksnoden voor MNM](#).

Er zijn tevens inschattingen gemaakt van de nodige personeelsinzet, excl. terreinwerk, voor een degelijke implementatie van de meetnetten natuurlijk milieu.

In het kader van de technische ontwerpen van de concrete meetnetten worden **steekproeven gesimuleerd**. Dit gebeurt telkens met een model van de milieuvariabele, op basis van bestaande data.

Voor de twee meetnetten van verdroging resp. eutrofiëring via het grondwater zijn een aantal **voorlopige modellen** gemaakt (hieronder opgelijst). Zij worden verder uitgewerkt om steekproefsimulaties te kunnen doen.

- Los van de steekproefaankpak gebeurt momenteel ook een evaluatie van de **bruikbaarheid van VLOPS** voor de schatting van toestandsparameters op niveau Vlaanderen.

Zowel voor de efficiëntie van op langere termijn recurrente taken, voor het bereiken van een aantoonbare wetenschappelijke kwaliteit van de resultaten, als voor de mogelijkheid om methoden voortdurend te verbeteren in een cultuur van wetenschappelijke samenwerking (intern/extern), is er van in het begin ingezet op een **open en reproduceerbare aanpak van de data- en verwerkingsketen**, kortom **Open Science methoden**. Het betreft kritische aspecten van **databeheer** ([FAIR principles](#), extern toegankelijke, stabiele versies met stabiele DOI, gestandaardiseerd inlezen in R) en van **codebeheer** (publieke versionering met git, Engelstalig).

- **referentielijsten** (types, milieudrukken, typegroepen enz) zijn beschikbaar gesteld via het R-package **n2khab** (geversioneerd).
- distributie van (door code gebruikte) basisdatalagen via een internationale, wetenschappelijke datarepository met versionering en stabiele DOI's: **Zenodo** (Europees).
- R-functies zijn voorzien (in R-package **n2khab**) om de verschillende databronnen op een **gestandaardiseerde en geïnternationaliseerde** wijze (Engelstalige kolomkoppen enz.) ter beschikking te stellen of te preprocessen. Doordat iedereen deze functies gaat gebruiken, wordt samenwerking / compatibiliteit eenvoudiger.
- een R-package **watina** is geschreven om op gestandaardiseerde wijze meetpunt-, XG3- en chemische data te kunnen onttrekken aan de INBO-databank Watina, op zodanige wijze dat dit ook ooit door externen kan worden gebruikt (momenteel is Watina niet machine-bevraagbaar van buitenaf). Ook functies voor verdere selectie zijn voorzien.

De PAS-monitoring is een opdracht van VMM, conform de regeringsbeslissing van eind 2016. Daarbij wordt onder meer samengewerkt met INBO (ICP Forests level II; ontwikkeling van de MNM).

- Deelname en bijdragen aan de **PAS-werkgroep** monitoring en meettechnieken
- Structuur en een groot deel van de tekst voor het hoofdstuk 'monitoring' in het **VPAS-document**, o.a. de linken i.k.v. het Vlaams Natura 2000 Programma
- **Overleg** tussen Natuurpunt en ANB: verschillende vergaderingen, o.a. met de collega's van PAS in Nederland
- Presentatie over PAS-monitoring aan het **middenveld**
- Organisatie van een **workshop** op INBO over PAS-modellen

Gezien de focus in de PAS op verbetering van modellen is het mogelijk dat we deze **modellen** kunnen gebruiken in de MNM om opvolging van toestand en trend op te baseren (niveau Vlaanderen). Hiervoor loopt momenteel een eerste evaluatie in functie van de MNM (zie eerder).

11.2.7 Synergieën extern

In verband met **synergieën tussen monitoringinitiatieven** hebben na het verschijnen van het basisrapport in 2017 nog verschillende vergaderingen plaatsgevonden i.v.m.:

- synergieën in datasystemen (VMM: oppervlaktewater)
- operationele synergieën voor monitoring van de atmosfeer (VMM: lucht)
- synergieën in lopende monitoring van het beleidsdomein Omgeving

11.2.8 Ecosysteemmonitoring ikv de NEC-richtlijn (luchtverontreiniging)

Sinds 2014 heeft INBO meerdere keren bijgedragen aan de totstandkoming van de nieuwe versie van de Europese NEC-richtlijn 2016/2284, door advisering t.a.v. het Belgisch aanspreekpunt. In december 2016 is dan een nieuwe versie van de NEC-richtlijn gepubliceerd ⁷. 'NEC' staat voor *National Emission Ceilings*.

In het **Besluit van de Vlaamse Regering van 27 oktober 2017** (omzetting van NEC-richtlijn in VLAREM) is bepaald dat INBO en VMM instaan voor het Vlaamse gedeelte van de ecosysteemmonitoring conform de NEC-richtlijn. Het is daarmee een **wettelijk vastgelegde taak van het INBO**.

Er is afgesproken dat **INBO het Vlaamse deel coördineert van de 4-jaarlijkse dubbele rapportage** (2018+2019, 2022+2023, ...). Die coördinatietask ligt bij het INBO wegens synergie met de MNM.

INBO draagt in deze rapportage ook bij met eigen data. Voor de Vlaamse coördinatie gebeurt afstemming met de verschillende luchtmonitoring-betrokkenen in Vlaanderen en Wallonië. Er is afgestemd tussen INBO (LTER), VMM, IRCEL (Belgische coördinatie), ANB (natuurbeleid) en het Agence Wallonne de l'Air et du Climat (Waalse coördinator). Concreet betekent dit coördinatie, rapportage en redactie voor Vlaanderen en afspraken op Belgisch overleg.

Op termijn zal de NEC-ecosysteemmonitoring zoveel mogelijk **samenvallen met een deel van de MNM**. In afwachting maken we gebruik van reeds lopende initiatieven.

In **2018 en 2019** is op deze manier bijgedragen aan de NEC-rapportage. In 2018 betrof het de aanduiding van sites en variabelen, in 2019 de beschikbare data zelf.

11.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

Gezien de intrinsieke behoefte aan informatie over het natuurlijk milieu in Vlaanderen en gezien de degelijke voorbereiding tot nu toe, is het **noodzakelijk dit traject verder uit te werken**, zodat in de loop van volgende jaren meetnetten geïmplementeerd kunnen worden.

- Behalve voor grondwater (lopend) dient ook voor de verschillende andere milieucompartimenten het technisch ontwerp te worden uitgewerkt

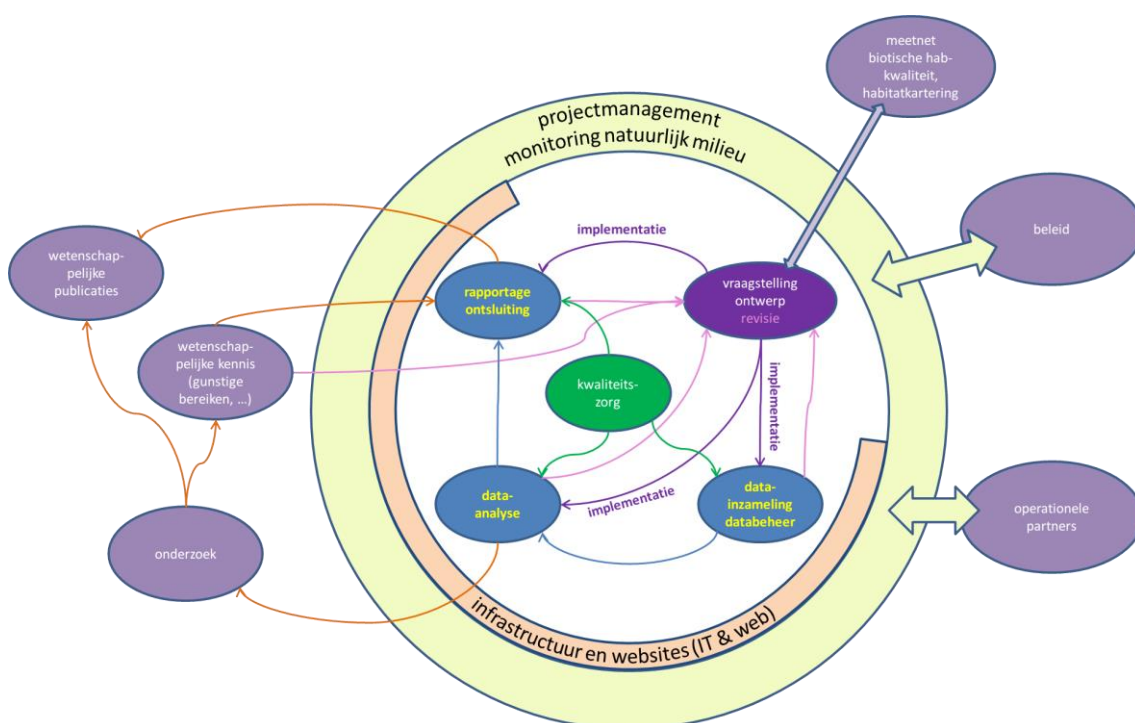
⁷ Richtlijn (EU) 2016/2284 van het Europees Parlement en de Raad van 14 december 2016 betreffende de vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen, tot wijziging van Richtlijn 2003/35/EG en tot intrekking van Richtlijn 2001/81/EG (Voor de EER relevante tekst).

(oppervlaktewater, atmosfeer, bodem, inundatiewater): telkens scenario's uitwerken, één scenario uitkiezen en dit naar een meetplan omzetten per milieucompartiment.

- De meetplannen zijn vervolgens één voor één te implementeren, rekening houdend met hun onderlinge synergie en reeds lopende monitoring. Daarbij gaat de nodige aandacht naar een kwaliteitsvolle aanpak van data-inzameling, databasebeheer, dataverwerking, rapportage en ontsluiting. Dat impliceert ook aandacht voor reproduceerbaarheid en voor de detectie en opvolging van verbeterpunten. Ook zal de nood aan coördinatie en communicatie toenemen.

Hier rond wordt in het **Vlaams Natura 2000 Programma 2021-2026** een actie opgenomen. ANB heeft hierover ook een MNM-projectfiche opgenomen in haar **meerjarenplanning 2020-2026**.

Daarnaast is het aan te bevelen om de kennishiaten, nodig voor het verhogen van de effectiviteit, efficiëntie en precisie van de MNM, door te vertalen naar onderzoeksprojecten en op te nemen in toekomstige onderzoekslijnen. Een beperkt deel is momenteel al ingepland door INBO. Voor meer details, zie het document over de [onderzoeksnoden voor MNM](#).



Figuur 35 Schema (link naar grotere afbeelding) waarbij de algemene samenhang van activiteiten in de MNM worden getoond.

11.4 OUTPUT

11.4.1 Rapporten

11.4.1.1 MNM

Vanderhaeghe et al. (2019). Meetnetten natuurlijk milieu: verkenning van de spatiale doelpopulaties in functie van het ontwerp. Werkvoorstel over de consequenties naar steekproefopzet, veldprotocols en steekproefkader. *Conceptrapport*. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. URL:

<https://drive.google.com/uc?export=download&id=1jH7rNSHvXycCiCrsoMRLaZ3IIY7GX35D>.

11.4.5 Instrumenten voor concrete selectie van milieudrukken, types, standplaatsfactoren en milieuv variabelen

- Conceptueel systeemschema van de standplaats
 - Documentatie: in website (zie hoger: 11.4.3)
 - Vanderhaeghe F., Herr C. 2016. Toelichting bij het conceptueel systeemschema en de functie ervan voor MNM en HabNorm, met oog op revisie door experts. Nota van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Afwegingskader milieudrukken: in website (zie hoger: 11.4.3)
- Afwegingskader types: in website (zie hoger: 11.4.3)
- Selectie van milieuv variabelen en kosten:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gJb2nY-Cs-SCNMpz0sGFslb0j69mzNx5BJu9tQXpHfc>

11.4.6 Instrumenten voor het bepalen van de inferentiestrategie en -nauwkeurigheid

- Instelwaarden MNM
- Lijst van beschikbare omgevingskenmerken

11.4.7 Instrumenten in de dataketen voor ontwerp en analyse

11.4.7.1 Opzet van de dataketen: plannen van data- en codebeheer

<https://github.com/inbo/n2khab-monitoring>

11.4.7.2 Wetenschappelijke repositories van geversioneerde basisdatalagen voor ontwerp en analyse

Twée collecties op Zenodo:

- <https://zenodo.org/communities/n2khab-data-raw>
- <https://zenodo.org/communities/n2khab-data-processed>

Zij bevatten onder meer:

Onkelinx T., Westra T. & Vanderhaeghe F. (2019). GRTS master sample for habitat monitoring in Flanders. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.2682323>.

Oosterlynck P. (2019). Distribution of the Natura 2000 habitat type 7220 (Cratoneurion) in Flanders, Belgium (version 2019). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3550995>.

Vanderhaeghe F. (2019). GRTSmh_brick: the raster data source GRTSmaster_habitats converted to 10 hierarchical cell address levels at the original resolution. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3354404>.

Vanderhaeghe F. (2019). GRTSmh_diffres: the raster data source GRTSmaster_habitats converted to 9 hierarchical cell address levels at the corresponding lower resolution. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3354406>.

Vanderhaeghe F. (2019). GRTSmh_base4frac: the raster data source GRTSmaster_habitats converted to base 4 fractions. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3354402> .

Westra T. & Vanderhaeghe F. (2019a). Standardized map of habitat types and regionally important biotopes in Flanders. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3540576>.

Westra T. & Vanderhaeghe F. (2019b). Map of standing water habitat types and regionally important biotopes in Flanders. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3540580>.

Wouters J., Vanderhaeghe F., De Saeger S. & Westra T. (2019). habitatmap_terr: the interpreted, terrestrial part of habitatmap_stdized. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3540740>.

11.4.7.3 Tools in R voor het gestandaardiseerd hanteren van data in R: ontsloten als R-packages

[R-package **n2khab**](#)

[R-package **watina**](#)

12 ONDERSTEUNING BIJ HET ONTSLUITEN VAN MONITORINGDATA

Aaike De Wever, Carine Wils, Frederic Piesschaert, Jo Loos & Pieter Vandenbroucke

12.1 DOELSTELLING

De geleverde databankondersteuning, evenals de GIS-ondersteuning en de opvolging van de datakwaliteit van externe datalagen, hebben tot doel om de uitdagingen inzake PAS en PPB op technisch vlak te ondersteunen. Hierbij wordt beoogd dat de inspanningen van onderzoekers en veldwerkers bij voorkeur in een geautomatiseerde omgeving gebeuren om data zo sneller te verzamelen, verwerken en verspreiden naar het doelpubliek.

Dit deelproject focuste op het automatiseren van de kernprocessen van het PAS-PPB verhaal binnen INBO en het aansluiten op de algemene architectuur binnen het beleidsdomein en er buiten, en vertaalt zich in volgende 2 doelstellingen:

- Automatisering van de sleutelapplicaties binnen PAS-PPB om de keten van verzamelen, verwerken en verspreiden te kunnen versnellen
- Data beschikbaar kunnen stellen aan de overkoepelende PAS-PPB systemen (voornamelijk ANB)

12.2 RESULTATEN

12.2.1 Analyse van kernprocessen met oog op selectie van te automatiseren systemen

In het kader van de PAS-PPB databankondersteuning werd reeds in een vroeg stadium erkend dat er zowel nood was aan het ondersteunen van een aantal sleuteldatabanken en -applicaties als aan het stroomlijnen van een aantal algemene processen.

De nood aan het uitwerken van een datasysteem voor bodemdata (INBOdem) en de nood aan analysewerk rond oppervlaktewatergegevens (AquaChem) werd geïdentificeerd. Bijkomend zijn ondersteuning voor de ontwikkeling van de Biologische Waarderingskaart (BWK) en het Water in natuur (Watina) datasysteem cruciaal in het kader van de PAS-PPB ondersteuning. Deze 4 systemen werden als prioritair beschouwd; de Lokale Staat Van Instandhouding (LSVI) resultatendatabank, en de 'Vlaamse databank vegetatieopnamen' (INBOVEG) -ter ondersteuning van de LSVI bepaling- komen in een vervolgstap aan bod.

De analyse rond oppervlaktewater gaf aanleiding tot de creatie van de Watervlakkenlaag en AquaMorf databank voor morfologie/standplaatskenmerken. Hierbij werd ook de mogelijkheid voor het uitwerken van een specifieke validatieapplicatie onderzocht, maar uiteindelijk werd ervoor gekozen om de validatie via het LIMS voor dit type gegevens op punt te stellen. Binnen de analyse rond bodemdata (INBOdem) werden de mogelijkheden om bodemdata uit verschillende gespecialiseerde databanken samen te brengen onderzocht, alsook de mogelijkheden naar ontwikkelingen van rapportering, (bulk)invoer en databankapplicatie.

Naast de databankondersteuning in strikte zin werd eveneens ondersteuning geboden via de ontwikkeling van applicaties die deelaspecten van het PAS-PPB werk ondersteunen. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de applicatie voor de gebiedsanalyse en voor NICHE.

Een ander belangrijk aspect met betrekking tot de algemene optimalisering is de intensivering van de inzet op de ontwikkeling en uitbouw van datawarehouses voor efficiënte bevraging van gegevens, de uitbouw van het *Laboratory Information Management System* (LIMS) en de koppeling van analysegegevens uit dit systeem aan informatie verzameld in het veld (o.a voor oppervlaktewater en bodem).

12.2.2 Biologische Waarderingskaart (BWK)

De Biologische Waarderingskaart is een uniforme inventarisatie en evaluatie van het gehele Vlaamse grondgebied aan de hand van een set karteringseenheden die staan voor vegetaties, bodembedekking en kleine landschapselementen (lijn- en puntvormige elementen) en de aanwezigheid van belangrijke fauna-elementen.

12.2.2.2 Gegevensontsluiting

De rivierhabitat 3260 is niet in deze kaartlaag vervat. Daarvoor moet met de afzonderlijke kaartlaag 'Natura 2000 habitattype 3260' aangevinkt worden op het geoloket.

12.2.3.1 Automatisering

Bij aanvang van PAS-PPB werden reeds problemen gemeld rond de bruikbaarheid van de Watina-webapplicatie die in .Net werd ontwikkeld. Na analyse en met bijkomende inzet van MMIS/OIS middelen werd geïnvesteerd in de herwerking van verschillende Watina componenten waaronder import, kalibratie en validatie, wat in de loop van 2019 in de afrondingsfase zit.

12.2.3.2 Gegevensontsluiting

Ruwe peilgegevens, hydrochemie en GxG gegevens worden ontsloten via Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) als uniek gegevensportaal. Technisch werd een procedure voor automatische ontsluiting van de gegevens met wekelijkse updates opgezet. De data zijn raadpleegbaar via de kaartlaag 'Grondwatermeetnetten' in de DOV-verkenner (<https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner#ModulePage>). De INBO-data zitten binnen de kaartlaag Grondwatermeetnetten (onder Grondwateronderzoek) als 'Meetnet 9 - peilputten uit de WATINA-databank van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO)'.

12.2.4 AquaChem – Oppervlaktewater

12.2.4.1 Automatisering

Zoals geschetst in de sectie Analyse van kernprocessen, gaf de analyse rond oppervlaktewater aanleiding tot de creatie van de Watervlakkenlaag en de AquaMorf databank met gegevens rond morfologie en standplaatskenmerken van waterlichamen. De [Watervlakken versie 1.0: polygonenkaart van stilstaand water in Vlaanderen](#) kwam tot stand door combinatie van bestaande topografische kaartlagen, orthofotobeelden en het digitaal terreinmodel Vlaanderen versie II en vormt essentiële basisdata voor de oppervlaktewaterdatabanken. Gegevens uit de geografische AquaMorf databank werden via het AquaChem Datawarehouse gekoppeld aan de gegevens van labo-analyses uit het LIMS (waar ook de gegevensvalidatie wordt uitgevoerd).

12.2.4.2 Gegevensontsluiting

De [watervlakkenlaag](#) is beschikbaar op Geopunt. De gegevens rond oppervlaktewater worden momenteel nog voorbereid voor publicatie via Geopunt.

12.2.5 INBOdem – Bodemdata

12.2.5.1 Automatisering

Voor het samenbrengen van bodemgegevens werd de INBOdem databank opgezet, alsook ETL-procedures voor het efficiënt importeren van gegevensreeksen (Google Spreadsheets bestanden) aangeleverd door onderzoekers. De technische opzet van deze databank werd afgerond en Level 1, 2 data, Habnorm profielboringen werden reeds geïmporteerd. Gegevens uit andere gespecialiseerde databanken/projecten (o.a. Dredgis, BODINA, ForSite) worden gecompileerd voor het importeren in INBOdem.

12.2.5.2 Gegevensontsluiting

De beoogde wijze van ontsluiting van INBO-dem gegevens is in eerste instantie als afgeleide en ruimtelijk geaggregeerde dataproducten ontsloten via DOV: landgebruiks-rasterkaart (op 10x10m grid) voor geselecteerde thema's/variabelen (o.a. zuurtegraad (verzuring), N- en P-Olsen gehalte (eutrofiëring), zware metalen (verontreiniging), waterbergend vermogen (verdroging). Deze rasterkaarten zullen in eerste instantie enkel informatie geven voor de locaties waarvoor metingen beschikbaar zijn en zijn conform met de GSOC rasterkaart op DOV. Gebiedsdekkende modellering en de mogelijkheden rond de ontsluiting van ruwe data via DOV zullen in een later stadium bekeken worden.

12.2.6 INBOVEG – Vegetatiedata

12.2.6.1 Automatisering

Voor de Vlaamse Vegetatiedatabank INBOVEG werd in de loop van 2018 gestart met het herwerken van specifieke modules van de invoerapplicatie met het oog op efficiëntere invoer van vegetatiegegevens en ondersteuning voor mobiele data-invoer. Voor het uitwerken van de offline ondersteuning van deze webapplicatie werd expertise gevaloriseerd die werd opgedaan tijdens het MMIS project 'POC e-formulieren'.

12.2.6.2 Gegevensontsluiting

Gegevens uit de INBOVEG worden momenteel nog niet systematisch publiek ontsloten, hoewel [geselecteerde datasets](#) wel al beschikbaar zijn via de Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Een dergelijke workflow kan echter makkelijk opgezet worden voor andere datasets in INBOVEG, en ook andere kanalen voor ontsluiting van deze gegevens in het kader van PAS-PPB kunnen nog besproken worden met betrokken partners.

12.2.7 Overige applicaties en databanken

Naast de bovengenoemde sleutelsystemen werd ook ondersteuning geboden voor tal van ontwikkelingen gerelateerd aan PAS-PPB waaronder databankondersteuning voor het ontwikkelen van de LSVI rekenmodule, algemene ondersteuning voor GIS-analyse in het kader van PAS-PPB-projecten, ondersteuning van applicatieontwikkeling voor de gebiedsanalyse en voor NICHE.

12.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

De inspanningen om technische ondersteuning te bieden bij de uitdagingen inzake PAS en PPB, en de inzet op het automatiseren van de verzameling, verwerking en ontsluiting van monitoringdata hebben geleid tot het opstarten en verbeteren van een aantal sleutelsystemen op het INBO. Het proces van automatiseren en stroomlijnen van verschillende aspecten uit de dataketen is echter verre van afgerond waardoor er een belangrijke nood is aan verdere inzet op verbetering en automatisering van datasystemen, alsook een belangrijke vraag naar duurzame ondersteuning en opvolging van de opgezette systemen.

Daarnaast is tijdens het opstellen van de meerjarenplanning en position paper ook duidelijk de ambitie geuit om verder in te zetten op kwaliteitsvol en transparant onderzoek. In het kader hiervan worden momenteel voor alle stappen van de onderzoeks cyclus (van ontwerp tot hergebruik) *Open Science Doelen* uitgewerkt. Hieronder vallen o.a. het verder verbeteren van invoerapplicaties, opslag van gegevens in databanken, vlot bevragebaar maken van gegevens voor analyse, publieke ontsluiting en het versioneren en archiveren van gegevens.

Wat publieke ontsluiting van gegevens betreft is ook het verbeteren van het 'klantvriendelijk ontsluiten' en het ontsluiten van bijkomende databronnen een permanent aandachtspunt. Afstemming met andere partners binnen het beleidsdomein omgeving (ANB, VLM, VMM,...) en het middenveld rond mogelijkheden voor gemeenschappelijke ontsluiting, gebruik van centrale platformen (Geopunt, DOV) en het verzekeren van de interoperabiliteit en integratie van gegevens blijft eveneens verder op te volgen.

12.4 OUTPUT

Biologische Waarderingskaart (BWK): gegevens op Geopunt – <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/bf31d5c7-e97d-4f71-a453-5584371e7559>

Water in natuur (Watina) – Grondwaterdata: gegevens op Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) – <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner#ModulePage>

Watervlakken versie 1.0: polygonenkaart van stilstaand water in Vlaanderen: gegevens op Geopunt – <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/10e87ad3-8235-40e0-8269-42c3c96a884d>

13 INHAALSLAG HABITATKAART, MILIEUDATA OPPERVLAKTEWATER & GRONDWATER, EN ONDERSTEUNING UITWERKING ZOEKZONEMODEL

Desiré Paelinckx, Toon Spanhove, Luc Denys & Dries Adriaens

13.1 DOELSTELLING

Tijdens de PAS-PPB periode werd in opdracht van ANB-Natuurinvest en het EV INBO een inhaalslag geleverd naar volgende aspecten:

- Landschapsecologische en ecohydrologische gebiedsanalysen t.b.v. de toepassing van herstelmaatregelen ter remediëring van te hoge N-depositiewaarden binnen SBZ's (2016-2017)
- INBO-bijdrage aan het Zoekzonemodel (2016-2019)
- Versnelde actualisatie habitatkaart (2016-2019) en LSVI-bepalingen (2016-2017)
- Oppervlaktewater: bijdragen aan de abiotische toestandsbeschrijving (2016-2017) en implementatie in de PAS-PPB milieumonitoring-datalagen (2018-2019)
- Grondwater: bijdragen aan de implementatie in de PAS-PPB milieumonitoring-datalagen (2016-2019)

13.2 RESULTATEN

-Landschapsecologische en ecohydrologische gebiedsanalysen t.b.v. de toepassing van herstelmaatregelen ter remediëring van te hoge N-depositiewaarden binnen SBZ's (2016-2017)

De bijdragen van INBO is geduid in Hoofdstuk 2.

-INBO-bijdrage aan het Zoekzonemodel (2016-2019)

Het zoekzonemodel tracht de meest optimale, ruimtelijk expliciete ligging binnen de speciale beschermingszones te vinden om de instandhoudingsdoelen van N2K-habitattypen (G-IHD & S-IHD) te realiseren. Dit in de vorm van de zoekzones die een factor groter zijn dan de netto tot doel gestelde oppervlakte. Voor de plaatsing van de zoekzones wordt niet enkel rekening gehouden met ecologische maar ook met socio-economische factoren.

Het model is het resultaat van een samenwerking tussen VITO, ANB en INBO. INBO zorgde in het kader van deze opdracht niet alleen voor de inbreng van de ecologische informatie, maar gaf ook mee vorm aan de beslisregels van het model die de invoerlagen vertalen naar de uiteindelijke zoekzones. De ecologische informatie omvat o.a. potentiekaarten voor de verschillende N2K-habitattypen (PotNat, Wouters et al.), leefgebieden van soorten (Maes et al. 2019, hoofdstuk 6 van dit rapport), vegetaties van regionaal belang en zoekzones voor de habitattypen die niet modelmatig bepaald kunnen worden.

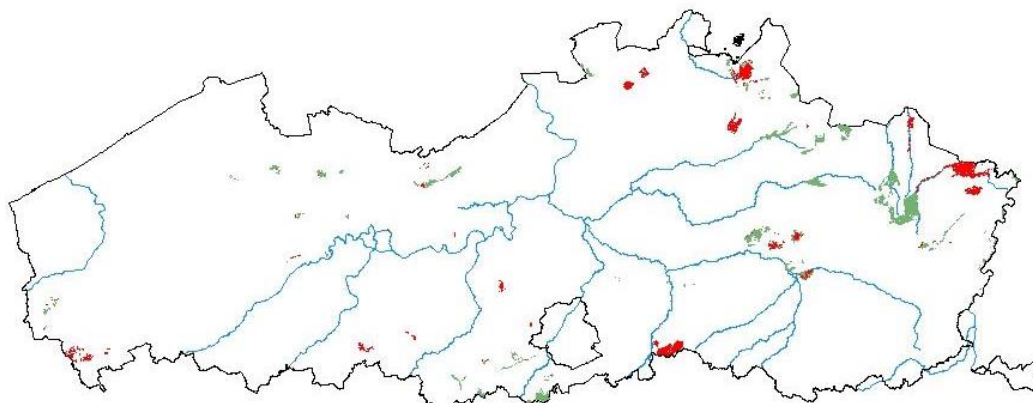
ANB beschikt over de laatste versie van de zoekzones en de verschillende invoerlagen die hiervoor gebruikt werden.

////////////////////////////////////

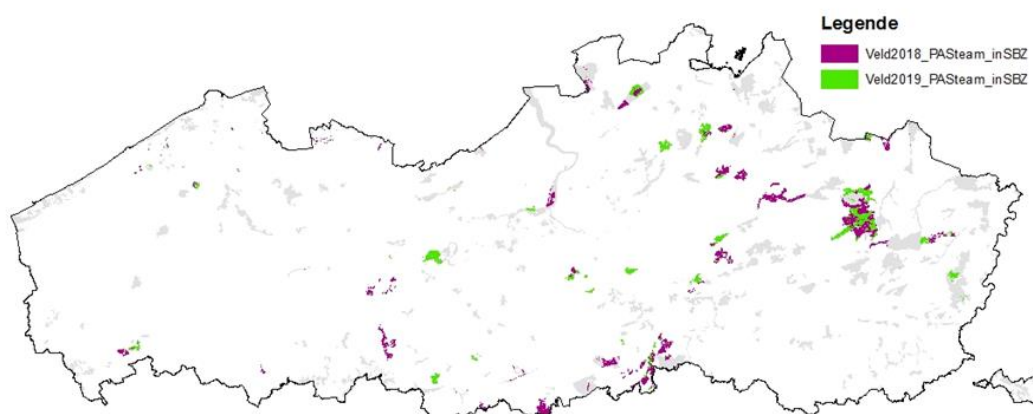
-Versnelde actualisatie habitatkaart (2016-2019) en LSVI-bepalingen (2016-2017)

Op enkele uitzonderingen na zijn alle habitatrichtlijngebieden met een groot aandeel habitat die gekarteerd waren voor 2004 op vlak van biologische waarderingskaart en habitatkaart integraal geherkarteerd, inclusief de zoete wateren in deze gebieden. Er is in totaal ruim 42.700 ha geherkarteerd, waaronder 266 plassen. Onderstaande kaarten geven een overzicht hiervan. Dit is goed voor ca. 41% van de totale oppervlakte van de habitatrichtlijngebieden, en ca. 42% van het totaal aantal plassen met habitattype 31XX (3110, 3130, 3140, 3150, 3160) binnen SBZ-H. Voor meer info over desbetreffende plassen zie de bijlage. Daarenboven zijn er ook nog 33 duinplassen (2190_a) gekarteerd. De LSVI voor deze laatste is nog in ontwikkeling, maar zal kunnen worden afgeleid uit de verzamelde gegevens.

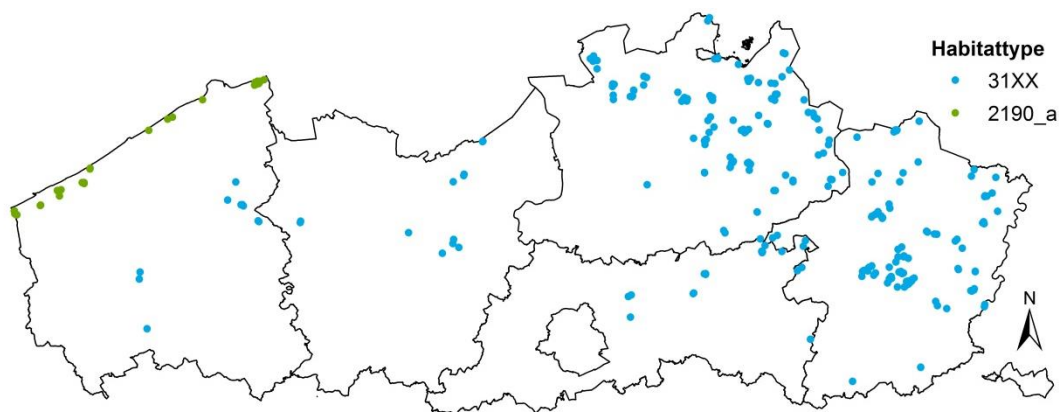
Van de gekarteerde habitatvlekken (vooral in 2016 en 2017) en de bezochte plassen (2016-2019) werden meestal ook data verzameld van de criteria van de lokale staat van instandhouding, en op basis daarvan werd deze toestand bepaald. Zo is die toestand beschikbaar voor ruim 3.300 ha, waarvan 266 plassen.



Figuur 33 veld2016 (groen) en veld2017 (rood).



Figuur 34 Biologische waarderingskaart en habitatkaart: veldwerk 2016 -2017 (kartering en meestal ook LSVI) en 2018 - 2019 (enkel kartering).

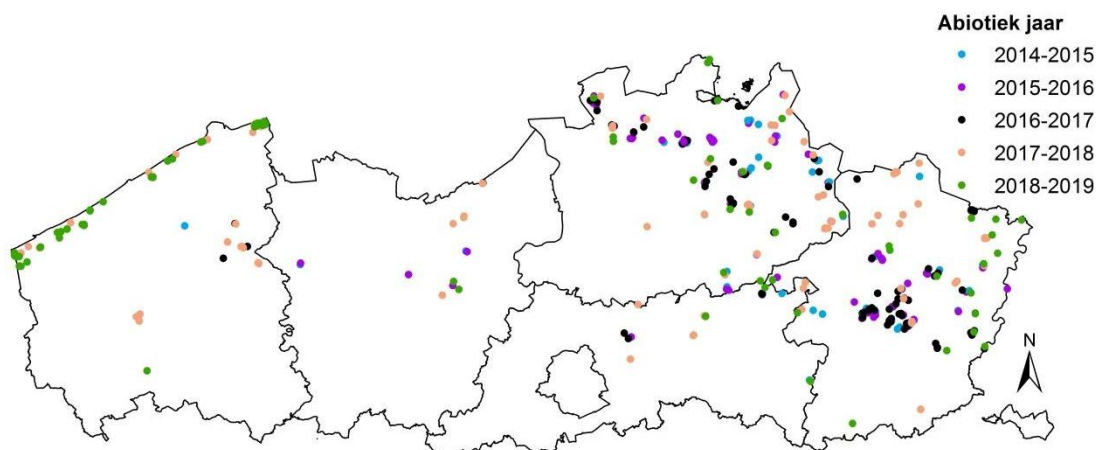


Figuur 35 Veldwerk plassen 2016 – 2019 (kartering en LSVI).

-Oppervlaktewater: bijdragen aan de abiotische toestandsbeschrijving (2016-2017) en implementatie in de PAS-PPB milieumonitoring-datalagen (2018-2019)

Doel is een versnelde eenmalige toestandsbeschrijving van de milieuomstandigheden van de waterhabitattypen van stilstaande wateren in SBZ-H via het vertalen van bestaande ruwe data naar het beleid. Voor de SBZ-H waarvoor onvoldoende ruwe data bestaan dienen deze extra verzameld. Het beschikbaar stellen van kwaliteitsvolle, gevalideerde meetgegevens is cruciaal voor het bepalen en/of verfijnen van de ecologische range van voorkomen en van de grenswaarden gunstig-ongunstig van zoetwaterhabitattypen en de implementatie ervan in de relevante beleidsondersteunende instrumenten.

De beschikbare data hebben betrekking op 338 plassen met habitattype 31XX binnen SBZ-H (bijlage). Dit komt overeen met 54% van alle plassen met habitattype 31XX binnen SBZ-H. Daarenboven werden van 59 duinplassen (2190_a) data verzameld (bijlage). Onderstaande kaart situeert alle gedocumenteerde plassen (31XX en 2190_a).



Figuur 36 Abiotische data plassen 2014 – 2019.

-Grondwater: bijdragen aan de implementatie in de PAS-PPB milieumonitoring-datalagen (2016-2019)

Om mogelijke effecten van geplande ingrepen in de waterhuishouding op Europees beschermde natuurwaarden in beeld te brengen, is er nood aan meetgegevens over zowel grondwaterpeilen als grondwaterkwaliteit. Deze gegevens kunnen rechtstreeks gebruikt worden om te toetsen aan referentiewaarden (cfr. praktische wegwijzers), maar ook

////////////////////////////////////

onrechtstreeks, bv. voor de kalibratie van grondwatermodellen waarmee de effecten meer in detail begroot kunnen worden.

In het kader van deze deelopdracht werd enerzijds een inhaalslag gemaakt voor de invoer en validatie van zowel grondwaterpeilmetingen als de hydrochemische beschrijving van grondwaterstalen in de WATINA+ databank van het INBO, mede ter onderbouwing van de PAS gebiedsanalysen (zie hoger). Die informatie wordt continu aangevuld en publiek ontsloten via de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV, zie ook Hoofdstuk 11).

Anderzijds werd het NICHE Vlaanderen model geherprogrammeerd naar een publiek te ontsluiten applicatie. Dit model wordt zeer courant toegepast om de milieueffecten te begroten van geplande ingrepen. Via scenario-analysen is het mogelijk om de impact van veranderingen in zowel trofiegraad als grondwaterhuishouding op de potenties voor grondwaterafhankelijke vegetaties in beeld te brengen. Bij de nieuwe applicatie zal ook een uitgebreide documentatie website horen, die de werking van het model toelicht, de referentietabel bevat en een vertaaltabel tussen NICHE vegetatietypen en N2K-habitattypen.

13.3 SUGGESTIES NAAR TOEKOMST/BELEID

- Blijvende vergaring van data om het beleid te ondersteunen (zie programma bwk/habitatkaart en oppervlakte-/grondwater voor rapportage N2K en keuzes voor gepast beheer)
- Maximaal blijven opsporen van data bij partners (ANB, NP, VLM, ...) om de databank te vervolledigen
- Ontsluiten van data, zoals vermeld in hoofdstuk 11

13.4 OUTPUT

De data-ontsluiting is behandeld in Hoofdstuk 11. Het betreft hier concreet:

- Geactualiseerde biologische waarderingskaart - habitatkaart (versie 2016 en 2018), www.geopunt.be; er wordt in 2020 een nieuwe BWK-Habitatkaart gepubliceerd met alle data tot eind 2019
- LSVI-bepalingen (momenteel enkel intern beschikbaar)
- Milieudata oppervlaktewater (nog te ontsluiten) en grondwater (via <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner#ModulePage>; zoeken op 'grondwatermeetnetten'-Meetnet 9 - peilputten uit de WATINA-databank van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO)')
- Advisering bij het zoekzonemodel, alle informatielagen zijn beschikbaar gesteld aan het ANB
- NICHE Vlaanderen https://github.com/inbo/niche_vlaanderen en bijhorende https://inbo.github.io/niche_vlaanderen/